Effets de l'informatisation sur l'emploi de 1971 à 1991

W-99-2F

Marie Lavoie et Pierre Therrien

Mai 1999

Canada

100-07263/

Direction générale de la recherche appliquée
Politique stratégique
Développement des ressources humaines Canada

Applied Research Branch
Strategic Policy
Human Resources Development Canada

Effets de l'informatisation sur l'emploi de 1971 à 1991

W-99-2F

Marie Lavoie et Pierre Therrien

Mai 1999

Les opinions exprimées dans les documents de la Direction générale de la recherche appliquée sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue de Développement des ressources humaines Canada ou du gouvernement fédéral.

The views expressed in Applied Research Branch papers are the authors' and do not necessarily reflect the opinions of Human Resources Development Canada or of the federal government.

■

The Working Paper Series includes analytical studies and research conducted under the auspices of the Applied Research Branch of Strategic Policy. Papers published in this series incorporate primary research with an empirical or original conceptual orientation, generally forming part of a broader or longer-term program of research in progress. Readers of the series are encouraged to contact the authors with comments and suggestions.

La série des documents de travail comprend des études analytiques et des travaux de recherche réalisés sous l'égide de la Direction générale de la recherche appliquée, Politique stratégique. Il s'agit notamment de recherches primaires, soit empiriques ou originales et parfois conceptuelles, généralement menées dans le cadre d'un programme de recherche plus vaste ou de plus longue durée. Les lecteurs de cette série sont encouragés à faire part de leurs observations et de leurs suggestions aux auteurs.

═

Le présent document a été traduit de l'anglais. Bien que la version française ait été préparée avec soin, le document original fait foi./
This document is a translation from English. Although the French version has been carefully prepared, the original document should be taken as correct.

La version anglaise de ce document est disponible sous le titre « Employment Effects of Computerization, 1971-1991 »./
This paper is available in English under the title "Employment Effects of Computerization, 1971-1991 ."

■

Imprimé/Printed 2000
ISBN: 0-662-84787-3
N° de cat./Cat. No. MP32-28/99-2F

■

Si vous avez des questions concernant les documents publiés par la Direction générale de la recherche appliquée, veuillez communiquer avec :

Service des publications
Direction générale de la recherche appliquée
Politique stratégique
Développement des ressources humaines Canada
165, rue Hôtel de Ville, Phase II, 7e étage
Hull (Québec) Canada
K1A 0J2

Téléphone : (819) 994-3304
Télécopieur : (819) 953-9077
Courrier électronique : research@spg.org
http://www.hrdc-drhc.gc.ca/dgra

General enquiries regarding the documents published by the Applied Research Branch should be addressed to:

Publications Office
Applied Research Branch
Strategic Policy
Human Resources Development Canada
165 Hôtel de Ville Street, Phase II, 7th Floor
Hull, Quebec, Canada
K1A 0J2

Telephone: (819) 994-3304
Facsimile: (819) 953-9077
E-mail: research@spg.org
http://www.hrdc-drhc.gc.ca/arb

Résumé

Une étude effectuée en 1998 par Marie Lavoie et Richard Roy : *Employment in the Knowledge-Based Economy : A Growth Accounting Exercise for Canada* a mis en évidence une tendance croissante de l'embauche de travailleurs hautement spécialisés dans tous les secteurs industriels. Puisque cette tendance coïncide avec une augmentation de la diffusion des technologies de l'information et des communications (l'ordinateur en étant la principale composante), les auteurs de l'étude ont voulu mieux comprendre le rôle joué par les ordinateurs. En même temps que ce changement prenait place, la structure industrielle se transformait: les industries héritées du passé subissaient de profondes transformations alors que de nouvelles voyaient le jour.

L'informatisation (c'est-à-dire la diffusion combinée d'ordinateurs et de logiciels) s'est accélérée au cours des vingt-cinq dernières années en raison de l'évolution des technologies électroniques, de la venue des microprocesseurs et des progrès énormes réalisés par l'industrie du logiciel. Cette diffusion a intensifié le processus de codification de la connaissance faisant en quelque sorte disparaître les tâches routinières et, par conséquent, contribuant à transformer la structure de l'emploi. Un nombre de plus en plus élevé d'emplois sont désormais associés à l'utilisation d'un ordinateur et exigent de la part des travailleurs des compétences hautement qualifiées.

Utilisant une fonction de production comme cadre d'analyse, les auteurs en arrivent à la conclusion que le processus d'informatisation n'a pas contribué à réduire considérablement la demande de main-d'oeuvre mais aurait plutôt eu tendance à l'augmenter de façon générale. Qui plus est, en transformant la structure des emplois, l'ordinateur a modifié les exigences ayant trait aux compétences dans tous les secteurs industriels : les catégories d'emplois liés au savoir, à la gestion et à la manipulation des données sont étroitement associées à l'utilisation d'ordinateurs, tandis que les emplois liés à la production de biens ont été substitués suite au développement de logiciels de systèmes experts. Finalement, les travailleurs dans la catégorie d'emplois des services ne sont pas touchés par l'informatisation en raison de la nature tacite de leurs tâches. Malgré ces changements dans la structure générale des emplois, d'importantes différences intersectorielles prévalent dans la relation emploi/utilisation de l'ordinateur. Bien que ces vingt-cinq dernières années ont vu se dessiner une tendance ferme vers les travailleurs hautement qualifiés, les travailleurs peu spécialisés forment toujours la plus grande partie de la main-d'œuvre canadienne.

Il ressort donc de cette étude que l'impact de l'ordinateur sur le changement de la structure de l'emploi ne peut être exagéré comme le soulignent d'ailleurs Berman, Bound et Griliches (1993) dans le cas des États-Unis. Étant donné son caractère envahissant et sa capacité de se fusionner aux autres technologies, l'ordinateur a sûrement joué un rôle de catalyseur dans cette révolution mais ne peut être considéré comme étant l'unique facteur.

Abstract

A 1998 study by Marie Lavoie and Richard Roy entitled *Employment in the Knowledge-Based Economy: A Growth Accounting Exercise for Canada* discovered a rapid and widespread trend across industrial sectors toward employment favouring high-skilled workers. Given the simultaneity of this trend with the increasing diffusion of information and communication technologies – in which the computer is key, in the present study the authors examine the significant role of computers in the transformation of the employment structure. At the same time that this employment transformation occurred, industries inherited from the past were profoundly altered and new ones created.

Computerization (the diffusion of a combination of hardware and software) has accelerated in the last 25 years due to advances in electronic technologies, the advent of the microprocessor and the tremendous development of the software industry. The process of codification of knowledge has intensified and routine tasks have tended to disappear, changing the architecture of jobs and, therefore, the structure of employment. An increasing number of occupations have become associated with the computer, and these jobs require highly skilled workers.

Using a production function framework, the researchers find that on the whole computerization is not labour-saving but rather labour-using. Moreover, by transforming the structure of jobs, the computer has changed the skills requirements across industries: the knowledge, management and data category of workers is closely associated with the use of computers while for goods workers the relationship is a substitutive one due to expert systems software. The computer because of the highly tacit nature of the tasks does not affect the service category of workers. Despite these general changes in the structure of jobs, important inter-industrial differences prevail in the association of skill patterns with the computer. Although this transformation process is clearly well underway, the low-skilled remain the largest contingent of workers in the Canadian economy.

Finally, it is clear that, as Berman, Bound and Griliches (1993) have said, the role of the computer in the change in the structure of employment should not be exaggerated. The computer has certainly acted as a catalyst for this «revolution», given its pervasiveness and its capacity to merge with other technologies, but it is certainly not the only factor affecting the employment structure.

Remerciements

Cette étude a profité des conseils du professeur Marcel Dagenais, de l'Université de Montréal. Jérome Lapointe a été d'un excellent secours en recherche. Maud-Catherine Rivard et David Wallace ont fort utilement commenté le rapport.

Table des matières

1. Introduction **1**

2. Effets de l'informatisation sur l'emploi : cadre conceptuel **4**

2.1 Quelques concepts se rapportant à l'évolution technologique 5

2.2 Liens entre le capital matériel, les compétences et la technologie 7

2.3 Effets d'économie et d'utilisation de main-d'œuvre et effet neutre de l'informatisation 7

3. Évolution de la technologie informatique **10**

4. Évolution de la structure industrielle et du degré d'utilisation de capital et d'ordinateurs dans les secteurs de l'industrie **16**

4.1 Degré d'utilisation de capital et d'ordinateurs dans les secteurs de l'industrie 18

5. Transformation de la structure de l'emploi **22**

5.1 Emploi dans la catégorie des travailleurs de la gestion 28

5.2 Emploi dans la catégorie des travailleurs du savoir 29

5.3 Emploi dans la catégorie des travailleurs du traitement de données 32

5.4 Emploi dans la catégorie des travailleurs de la prestation de services 33

5.5 Emploi dans la catégorie des travailleurs de la fabrication de biens 33

5.6 Analyse sommaire : croissance de l'emploi dans les secteurs à forte utilisation d'ordinateurs 33

6. Méthodologie et variables utilisées **35**

6.1 Méthodologie 35

6.2 Données et élaboration des variables 38

7. Dynamique des salaires et structure de l'emploi dans le contexte de l'évolution technologique **43**

8. Complémentarité du capital et des compétences 50

8.1 Tendances des niveaux capitalistiques dans le temps à l'échelle interprofessionnelle et intersectorielle 50

8.2 Une explication satisfaisante de l'évolution en hausse de l'emploi 52

9. Aperçu des tendances de l'investissement en informatique 53

9.1 Complémentarité et substitution au niveau global 54

9.2 Complémentarité de la technologie informatique et des compétences : tendances interprofessionnelles et intersectorielles 56

9.3 Analyse sommaire : tendances sectorielles 62

10. Une technologie informatique qui supplée ou complète la main-d'œuvre : quelques conclusions 64

Annexe 67

Bibliographie 71

1. Introduction

Les effets sur l'emploi de la technologie en général et de l'informatique en particulier sont une question des plus débattues[1]. Certains s'en prennent à la tendance foncière de la technologie aux économies de main-d'œuvre et, de ce fait, aux inégalités de revenu et à la marginalisation d'un grand nombre de travailleurs, plus particulièrement des travailleurs peu qualifiés que la technologisation condamne à un chômage dont les victimes se font de plus en plus nombreuses. Pour ceux qui nourrissent cette vision pessimiste des choses, l'aboutissement est un chômage structurel où les travailleurs chassés de leur emploi éprouvent des difficultés considérables à trouver un nouvel emploi, n'ayant peut-être pas les compétences requises pour travailler dans un cadre où domine la technologie. En modifiant la structure de l'emploi, cette dernière exige des travailleurs qu'ils apprennent tout au long de leur vie et leur impose de grands efforts pour suivre toute l'évolution de leur vie professionnelle aussi bien que personnelle.

Cette sombre vision de l'évolution technologique a toutefois pour contrepoids une autre école de pensée plus positive qui fait essentiellement valoir que le changement technologique est un préalable de la croissance économique et, par conséquent, de l'élévation des niveaux de vie et de l'amélioration de la distribution des revenus (Dosi, Pavitt et Soete, 1990; Freeman, Clark et Soete, 1982; Watanabe, 1986). Entre autres, l'évolution technologique accroît l'espérance de vie par la mise au point de nouveaux instruments médicaux qui améliorent le diagnostic et le traitement des maladies, permettent de produire des marchandises à meilleur marché et peuvent réduire l'apport humain nécessaire à l'exécution de tâches routinières et fastidieuses. Quoiqu'il en soit, elle présente des aspects aussi bien négatifs que positifs.

Souvent, les observateurs ont supposé, quoique largement par défaut, que l'évolution technologique est principalement à l'origine de la montée des inégalités salariales et du clivage entre main-d'œuvre non qualifiée et main-d'œuvre qualifiée. La difficulté que l'on a à la mesurer

[1] Avec cette étude, nous commençons à réaliser le second volet d'un vaste programme de recherche sur l'emploi dans une économie du savoir. En première étape, le but était de constater l'ampleur de l'infléchissement de l'emploi en faveur de la main-d'œuvre hautement qualifiée, ainsi que les sources de croissance de l'emploi. Les résultats ont été publiés dans la série des documents de recherche de la Direction générale de la recherche appliquée (Lavoie et Roy, 1998). Le second volet porte sur le rôle de l'évolution technologique dans la structure de l'emploi et donnera lieu à la publication de deux études, la première consacrée à l'incidence de la technologie informatique et la seconde, à la complémentarité de l'emploi dans le secteur de la fabrication et des technologies manufacturières de pointe. Tout au long de l'exercice, nous utilisons les groupes professionnels de Wolff et Baumol. On peut se renseigner plus en détail sur cette taxinomie professionnelle dans Lavoie et Roy (1998).

avec ses effets directs sur l'emploi explique dans une large mesure l'absence de données empiriques à ce sujet (Carter, 1996). Dans la présente étude, nous nous attacherons à l'incidence de l'informatisation sur la structure de l'emploi et considérerons les degrés de complémentarité et de substituabilité entre l'ordinateur et les divers groupes de travailleurs. Si nous nous sommes limités dans notre recherche à l'informatique alors qu'il existe bien d'autres technologies, c'est que nous supposons que l'ampleur de la diffusion des ordinateurs et les économies ainsi créées, ainsi que l'omniprésence des applications informatiques, font que cette même informatique (avec son matériel et ses logiciels) est responsable, du moins en partie, de l'immense transformation des régimes d'emploi. Toutefois, on tient fréquemment ses retombées pour acquises et n'insiste que sur l'aspect «réduction de l'emploi» dans les industries et les professions. Notre propos est d'aller au-delà de la vision reçue des choses et d'expliquer les différences de structure d'emploi entre industries et entre professions en laissant de côté la question des effets sur la structure de rémunération.

Selon les modes de production des industries et la nature des professions, l'ordinateur peut produire d'intenses effets aussi bien à créer certains emplois qu'à n'en éliminer d'autres. Notre principale hypothèse est que l'ordinateur complète ou supplée certaines catégories de compétences selon la nature des tâches, celles-ci pouvant être tacites ou codifiées ou encore consister en activités de base ou en activités complémentaires. Bien sûr, il serait simpliste de lier exclusivement une augmentation de la demande de travailleurs du savoir à une informatisation ayant un effet particulier sur les compétences. On ne peut ramener le changement technologique aux seuls progrès des technologies informatiques, et les ordinateurs peuvent avoir des effets infimes au regard d'autres moyens techniques qui viennent radicalement transformer les modes de production des industries. Disons aussi qu'à la complémentarité technologie informatique-compétences peuvent s'ajouter des éléments comme les facteurs d'offre, les changements organisationnels, l'importance croissante du commerce extérieur dans certains secteurs de l'industrie ou la rapidité de l'adaptation structurelle. Toutefois, étant donné le caractère proprement explosif de l'évolution technologique en informatique, cette incidence particulière mérite une évaluation.

Nous commencerons par examiner comment on voit dans les études spécialisées le rôle de l'informatisation dans la structure de l'emploi. Nous évoquerons le contexte et présenterons trois hypothèses à des fins d'investigation. Les calculateurs du début des années 1970 sont

immensément différents des micro-ordinateurs et des «transordinateurs» utilisés de nos jours. À la troisième section, nous donnerons un aperçu de l'évolution passée de la technologie informatique jusqu'à l'avènement du micro-ordinateur que nous connaissons aujourd'hui. Nous pourrons ainsi mieux comprendre la révolution des ordinateurs et ses effets sur l'emploi. À la quatrième section, nous décrirons d'importantes tendances de l'évolution de la structure industrielle canadienne ces quelques dernières décennies et proposerons une taxinomie industrielle sur laquelle sera fondée notre analyse. Nous élaborerons ensuite une méthodologie qui s'inspire du cadre de fonction de production de Berman, Bound et Griliches (1993) et expliquerons les données exploitées à la section 5. Dans le reste de l'exposé, nous présenterons les résultats empiriques en trois parties : salaires relatifs, complémentarité capital-compétences et rapports entre les ordinateurs et diverses catégories de travailleurs. Dans une dernière section, nous résumerons nos principales conclusions, évoquerons certaines conséquences générales et tracerons des voies d'investigation pour l'avenir.

2. Effets de l'informatisation sur l'emploi : cadre conceptuel

Les conséquences sociales du chômage et des déplacements de travailleurs sont si importantes qu'il nous faut acquérir une meilleure compréhension du rôle du changement technologique qui y est lié. On ne peut arrêter ce changement, mais il est sûrement possible d'essayer de s'y adapter plus rapidement et plus efficacement en cherchant à mieux prévoir son incidence future sur les professions et à fournir aux décideurs un tableau approprié de la situation sur lequel ils puissent fonder leur choix de politiques à appliquer.

Dans le temps, les vues exprimées au sujet des effets de l'évolution technologique sur l'emploi ont été aussi bien pessimistes qu'optimistes. En fait, ce qu'on a pu observer, c'est une grande vague de création et de suppression d'emplois. Nous ne comprenons pas encore vraiment la dynamique à la base des transformations de la structure de l'emploi. Ce que nous savons cependant, c'est que les diverses catégories de compétences que présentent les diverses catégories de travailleurs dans les secteurs de l'industrie ont une réaction propre à l'incidence des diverses technologies. Bref, la capacité de codification de l'ordinateur, jointe au caractère différencié du savoir – codifié ou tacite –, nous paraît donc être un élément d'explication du phénomène. De plus, le fait ou non que l'ordinateur serve à des activités de base ou à des activités complémentaires semble avoir de l'importance pour les effets sur l'emploi. Pour bien illustrer le fait que l'ordinateur est encore incapable d'assumer toutes les activités humaines, Baldwin et coll. ont fait remarquer : «L'introduction de techniques d'amélioration du travail s'est trouvée stimulée par la constatation que l'humain possède une dextérité et un discernement précieux que l'on n'a pas encore su programmer dans un robot» (Baldwin, Gray et Johnson, 1997).

Notre étude[2] suit la tradition de la recherche sur les effets différenciateurs de la technologie sur les compétences et utilise une fonction de production qui décrit l'évolution technologique (informatisation) sous l'angle de ses effets habituellement définis comme un effet d'économie de travail, un effet d'économie de capital et un effet neutre. Toutefois, au lieu d'employer cette terminologie des effets, nous parlerons d'un lien de substitution, d'un lien de complémentarité et d'un lien neutre entre les catégories de travailleurs et l'informatisation. Nous nous écarterons encore plus des études existantes en choisissant comme variable dépendante la part de l'emploi rapportée à la masse salariale, et ce, parce que c'est là l'orientation propre à notre étude qui se propose de cerner le rôle de l'évolution technologique dans la structure de l'emploi. Nous reviendrons sur ce point plus loin dans la section portant sur la méthodologie.

2.1 Quelques concepts se rapportant à l'évolution technologique

Avant de préciser les hypothèses sur lesquelles repose la présente étude, il serait bon de définir un certain nombre de concepts, de voir comment ils entrent en interaction *théorique* et d'introduire alors des indicateurs permettant de mesurer *empiriquement* les rapports qui les unissent. Dans notre étude, les concepts clés sont ceux de savoir, de compétence et de technologie. Pour contribuer à la production, le savoir doit s'incarner dans des ressources humaines (sous forme de compétences) et des biens d'équipement (sous forme de technologies). L'hypothèse au cœur de notre propos est que, dans une activité efficiente de production, les deux formes concrètes que revêt le savoir doivent être complémentaires. Cela veut essentiellement dire qu'un changement de modes de production par l'adoption d'un nouveau paradigme technologique doit immédiatement s'accompagner d'un changement de compétences, sinon une entreprise risquerait de déposer son bilan.

---

[2] Les applications informatiques possibles sont en nombre illimité, mais dans cette étude nous nous reporterons exclusivement, dans tout ce qui est investissement en informatique, à la demande finale (dans le contexte de la comptabilité d'entrées-sorties) dans la catégorie 346 de 1971 à 1986 et la catégorie 359 de 1986 à 1991, c'est-à-dire à la demande finale d'ordinateurs (matériel et logiciels, ceux-ci étant les logiciels commerciaux à l'exclusion des logiciels spéciaux ou sur mesure) et de périphériques. On se trouve ainsi à exclure tout le reste du matériel informatisé, c'est-à-dire le matériel de mécatronique (qui combine l'électronique et la mécanique), d'optoélectronique (qui combine l'électronique et l'optique), etc. (Kodama, 1991). Il est fort important de garder cette caractérisation à l'esprit dans l'analyse, puisque, dans le secteur de la fabrication par exemple, les technologies manufacturières de pointe – qui offrent un bon exemple de fusion de technologies – tiennent probablement une aussi grande place que l'ordinateur en soi. Il est donc bon de considérer l'investissement en informatique comme une mesure partielle de l'évolution technologique, bien qu'il soit plus que probable que nous nous trouvions aussi à appréhender un certain nombre de tendances technologiques générales, l'investissement en informatique s'imbriquant dans l'investissement en outillage.

L'évolution technologique considérée globalement, c'est-à-dire sous sa double forme «incorporée» (nouveaux biens d'équipement) et «non incorporée» (ressources humaines)[3], ainsi que l'innovation en procédés ou en produits, sont de nature à transformer la structure des compétences sur le marché du travail.

L'effet de l'informatisation sur la composition de l'emploi est d'un intérêt tout particulier si on considère la large diffusion des ordinateurs dans l'industrie, l'évolution rapide de leur qualité depuis deux décennies et leur adoption par un grand nombre de travailleurs aux compétences fort diverses.

Il importe cependant au plus haut point de se rendre compte que, assez souvent, le recours à l'ordinateur est une activité complémentaire dans une multitude de professions et d'industries, et non pas une activité de base, d'où la grande place laissée aux autres technologies comme élément d'explication de la transformation de l'emploi[4].

---

[3] Il importe tout particulièrement de garder à l'esprit la distinction à établir entre les formes incorporée et non incorporée de l'évolution technologique, car il est souvent question dans les études spécialisées des deux voies qu'emprunte cette évolution et qui ont sûrement des effets différents sur le marché du travail (Betts, sans date, 4). En d'autres termes, l'évolution technologique incorporée est un investissement en capital nouveau qui comporte un certain degré de savoir (ou de technologie). L'évolution technologique non incorporée est le savoir qui s'incarne dans les ressources humaines, qui peut être appliqué (procédés) ou exploité (produits) et qui est susceptible de transformer toute l'économie assez rapidement selon les modes de protection de cette innovation (lois sur les brevets). Le changement technologique incorporé peut modifier la nature du travail dans une industrie. Il prendra sans doute du temps, puisque l'investissement en capital nouveau se fait avec le temps (Betts, sans date, 4), auquel cas les dirigeants pourront probablement éviter toute situation de licenciements massifs. Dans notre étude, nous nous attacherons à la seule évolution technologique incorporée par des indicateurs de degré d'utilisation de capital et d'investissement en informatique. Cet investissement comprend à la fois le matériel et les logiciels et vise donc un certain niveau de savoir incorporé. C'est un savoir qui a connu une évolution considérable (par les logiciels) et des rythmes de traitement qui se sont extraordinairement accélérés (par le matériel informatique, dont les micro-ordinateurs) pendant la période 1971-1991 que nous étudions ici. Le degré d'utilisation de capital, qui est ici le degré d'investissement en capital nouveau, sera pour nous une bonne approximation de l'état de l'évolution technologique dans une industrie donnée. Cet indicateur nous aidera grandement à cerner l'incidence des autres moyens technologiques et servira de point de repère dans notre seconde étude qui portera directement sur les effets des technologies de pointe en fabrication. Dans ce second volet, nous comparerons aussi l'évolution technologique incorporée (en utilisant le rapport R-D/chiffre d'affaires ou ventes comme mesure) à l'évolution technologique non incorporée (en utilisant les données d'entrées-sorties sur d'autres produits) dans ce même secteur de la fabrication.

[4] Rappelons une fois de plus que, pour notre propos, nous ne tenons compte que des produits informatiques (matériel et logiciels), excluant ainsi les produits combinant l'électronique et d'autres techniques comme dans les technologies de pointe en fabrication. Toutefois, comme la variable de l'investissement en informatique englobe les logiciels, l'effet de l'investissement en informatique sur la structure de l'emploi pourrait aussi comprendre un effet attribuable aux logiciels de systèmes experts.

2.2 Liens entre le capital matériel, les compétences et la technologie

Le rapport entre les compétences et le capital matériel n'est pas nécessairement linéaire, car il dépend en grande partie de l'état de la technologie. C'est là le complexe relationnel capital-technologie-compétence que nous nous devons d'examiner. Comme l'ont dit Goldin et Katz, on a démontré que le capital matériel et les compétences sont en rapport de complémentarité aujourd'hui comme dans le passé récent (1998, 693). À propos de l'évolution technologique, ces auteurs font valoir que l'accession à un stade technologique plus avancé est liée à des relèvements tant de l'utilisation de capital que de l'emploi relatif d'une main-d'œuvre plus qualifiée (Goldin et Katz, 1998, 703), ce qui implique, comme nous le verrons plus loin, qu'il ne faut pas analyser les niveaux capitalistiques d'un point de vue trop étroit, mais les considérer dans le contexte des niveaux d'utilisation de la technologie.

Par ailleurs, comme l'ont reconnu Wood (1994) et Goldin et Katz (1996), une complémentarité à la technologie n'implique pas toujours un lien avec la main-d'œuvre qualifiée. Selon la nature des biens d'équipement (capital matériel), c'est-à-dire la nature de la technologie et le rythme de son évolution, il y a des catégories de travailleurs qui, plus que d'autres, seront associées étroitement à une technologie.

2.3 Effets d'économie et d'utilisation de main-d'œuvre et effet neutre de l'informatisation

Notre but est d'évaluer l'effet de la diffusion de la technologie informatique sur la structure de l'emploi. Plus précisément, nous chercherons à déterminer comment l'investissement en informatique par rapport à l'investissement en autre outillage influe sur cette structure. La grande question que nous nous posons dans cette recherche est celle de savoir si la diminution de la demande de travailleurs de la fabrication de biens (main-d'œuvre peu qualifiée) et l'augmentation concomitante d'autres catégories professionnelles (travailleurs du savoir, du traitement des données et de la gestion) peuvent s'expliquer par une diffusion accélérée des ordinateurs[5]. Il nous faudra élaborer quatre hypothèses au sujet de ces effets possibles.

[5] Il convient de noter que, dans la plupart des études, on range les travailleurs dans deux groupes (travailleurs de la production et autres travailleurs, travailleurs qualifiés et travailleurs non qualifiés, travailleurs de l'information et autres travailleurs, etc.). Dans la présente étude, nous ne rattachons pas exclusivement la main-d'œuvre hautement qualifiée à une catégorie en particulier, en l'occurrence celle des travailleurs du savoir. Notre catégorie à nous comprendrait les travailleurs du traitement de données et du savoir et, dans une moindre mesure, les travailleurs de

(i) Comme première hypothèse possible, nous posons l'existence d'une évolution technique ayant une incidence différenciatrice sur les compétences : le recours croissant aux ordinateurs (ou l'évolution des techniques de production) favorise certaines catégories de travailleurs (effet d'utilisation de main-d'œuvre ou complémentarité). En transformant les exigences en matière de compétences dans une industrie, l'informatisation accroît le rapport optimal entre certaines catégories de professions par unité de production. Ce changement pourrait être lié à la complexité croissante de certains types de tâches qui sont d'un caractère trop «tacite» pour être codifiés et exigent d'autres compétences[6].

(ii) Comme deuxième hypothèse possible, nous posons que l'informatisation réduit en quantité une catégorie particulière de travailleurs par unité de production dans une situation où les tâches de base des travailleurs sont codifiables. Les aspects machinaux et routiniers de certaines tâches impliquent qu'on aura besoin de moins de travailleurs dans une profession (effet particulier de substitution ou d'économie de main-d'œuvre).

(iii) Comme troisième hypothèse, nous posons l'existence d'un effet neutre là où l'ordinateur ne joue aucun rôle compte tenu du caractère hautement «tacite» des tâches d'une profession.

(iv) Comme quatrième hypothèse, nous posons que, en transformant les tâches d'une profession, l'informatisation ne viendra sans doute pas changer le nombre de travailleurs, mais plutôt les tâches mêmes de ceux-ci par une valorisation ou une dévalorisation ou déqualification[7].

Avec une unité macro-économique d'analyse comme celle que nous employons dans la présente étude, il est impossible de juger de l'ordre de grandeur de ce dernier effet, aussi nous contenterons-nous de vérifier les trois premières hypothèses. En fait, seules des études de cas nous permettraient de comprendre le degré de transformation des compétences dans une profession en particulier (Cyert et Mowery, 1987, 101).

D'autres explications complémentaires s'imposent. Ainsi, nous croyons que les effets de l'investissement en informatique sur les catégories de travailleurs accusent de grandes

---

la gestion. Pour mieux se renseigner sur le classement professionnel employé aux fins de notre étude, le lecteur pourra consulter Lavoie et Roy (1998).

[6] On trouvera dans Lavoie et Roy (1998) une description de la dynamique de la complexification des tâches non codifiables. De plus, Levy et Munrane (1996) définissent clairement les tâches non codifiables comme celles qui font appel au jugement par opposition aux tâches routinières où le jugement n'intervient guère et qui peuvent s'exécuter à faible coût. Une autre importante source à consulter est OCDE (1996).

[7] Braverman est l'auteur qui a introduit la notion de déqualification, laquelle signifie essentiellement que les tâches s'appauvrissent considérablement en compétences. On pourrait tout autant parler à cet égard d'enrichissement des tâches en compétences. Ainsi, on peut sans doute dire que les secrétaires ont dû améliorer leurs compétences depuis quelques décennies pour suivre l'évolution amenée par l'informatisation, bien que le nombre de secrétaires exigé par l'économie n'ait pas changé. En d'autres termes, les tâches des secrétaires ont probablement évolué, mais dans le sens d'un enrichissement plutôt que d'un appauvrissement ou d'une déqualification (Spenner, 1990). Dans la présente étude, nous examinons non pas les tâches des professions, mais plutôt les variations numériques des professions.

différences interindustrielles. Y a-t-il une plus grande concentration et une meilleure croissance des catégories des travailleurs du savoir ou du traitement de données dans les secteurs de l'industrie à forte utilisation d'ordinateurs? Si on convient généralement que l'informatisation se généralise, la contribution apportée par l'ordinateur aux procédés de production peut très largement varier selon les industries et produire des effets différents sur la structure de l'emploi. Comme autre question importante, il y a celle du rôle de l'informatisation dans le grand déplacement de l'activité économique des industries de biens vers les industries de services. Nous ne pourrons répondre directement à cette question, mais avancerons certains éléments pour bien dégager les liens entre l'informatisation et le passage à une économie de services dans un mouvement ascendant de l'emploi dans l'économie canadienne.

Nous croyons aussi que, même si les travailleurs d'une catégorie professionnelle sont tous hautement qualifiés (comme les travailleurs du savoir), les compétences sont susceptibles de varier selon les professions. Il est probable que les différences de compétences entre les professions sont à l'origine de rapports relativement différents avec l'utilisation de l'ordinateur.

Nous nous demanderons enfin s'il y a eu de la stabilité dans les rapports entre les professions et le recours à l'ordinateur pendant les deux décennies visées par la présente étude. Nous nous attendons à ce que les niveaux de complémentarité varient dans le temps selon les professions, car l'importance du rôle de l'informatique a changé depuis 25 ans avec la diminution des prix et l'amélioration du rendement des ordinateurs. À la prochaine section, nous examinerons de grands éléments d'évolution de la diffusion et de l'utilisation des ordinateurs pendant cette période afin de mieux comprendre les effets de l'informatisation sur l'emploi.

Un dernier mot au sujet de notre hypothèse principale. Notre propos est d'examiner le degré de complémentarité du capital matériel et des ordinateurs par rapport aux différentes catégories de travailleurs. Il ne s'agit pas de rendre compte des effets possibles de l'évolution technologique sur la structure salariale. En fait, nous pensons qu'il serait difficile de vérifier cette dernière hypothèse sans se servir d'un cadre d'offre et de demande relatives en compétences (Autor, Katz et Krueger, 1997; DiNardo et Pischke, 1996). Nous reviendrons sur ce point plus loin dans la section portant sur la méthodologie.

3. Évolution de la technologie informatique

Dans la période étudiée (1971-1991), le marché du travail a beaucoup évolué et le chômage structurel a de plus en plus sévi de récession en récession. Le profil des compétences a changé en même temps et les travailleurs du savoir ont dominé pour la croissance de l'emploi malgré la faible proportion de la main-d'œuvre qu'ils représentent. C'est aussi la période où l'informatisation a accompli ses progrès les plus rapides, la technologie faisant de grands bonds en avant. Si les deux dernières décennies ont été une période d'intense changement sur le plan de l'informatisation, l'idée des ordinateurs est née bien avant à l'époque de Babbage. Dans cette section, nous donnerons un aperçu de l'histoire des ordinateurs et des logiciels pour établir le contexte du phénomène et en évaluer l'ampleur ces dernières années.

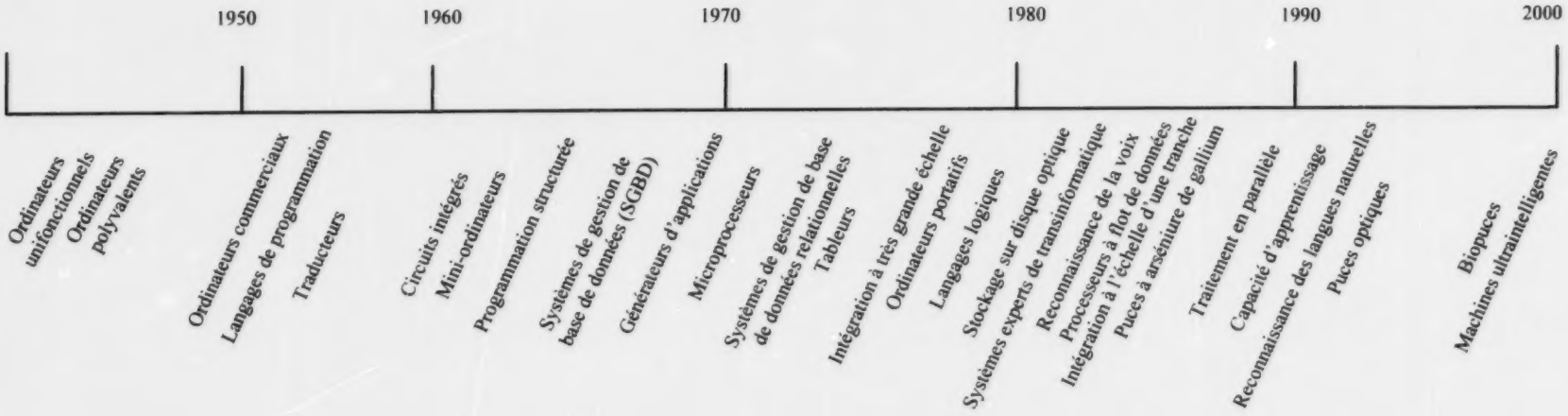
L'informatique se situe au cœur de la révolution des technologies de l'information et des communications (TIC). En fait, c'est la convergence des technologies de l'informatique et des télécommunications qui a fait naître les TIC (Freeman et Soete, 1997, 160)[8]. Cette nouvelle famille technologique a énormément influé sur l'infrastructure institutionnelle et organisationnelle. Pour reprendre les observations de ces auteurs, c'est là un nouveau paradigme techno-économique qui touche la conception, la gestion et le contrôle des systèmes de production et de services dans toute l'économie grâce au faisceau d'éléments liés d'une innovation radicale en calcul électronique, en génie des logiciels, en systèmes de commande-contrôle, en circuits intégrés et en télécommunications, ce complexe technologique ayant considérablement abaissé le coût du stockage, du traitement, de la communication et de la diffusion de l'information (Freeman et Soete, 1994, 42).

Les technologies électroniques ont connu une évolution exceptionnelle ces trois dernières décennies avec des effets appréciables sur les prix et la facilité d'utilisation. Il serait bon de faire brièvement l'historique de l'ordinateur, l'évolution de l'informatique s'étant accompagnée d'une transformation des profils d'emploi et des conditions sur le marché du travail.

---

[8] Dans une étude liée sur le secteur de la fabrication, nous examinerons une branche cadette de la révolution de l'électronique, à savoir la révolution de la mécatronique (technologies de pointe en fabrication) avec ses effets sur la structure de l'emploi.

Figure 1
Évolution de la technologie informatique



Source : Renseignements tirés de Freeman et Soete (1994).

Il faut remonter le cours du temps jusqu'aux années 1830 pour relever les premières traces de l'informatique moderne dans les deux machines que Babbage a mises au point mais sans pouvoir les perfectionner en raison des insuffisances des instruments et des techniques de son temps. Babbage avait imaginé deux machines à calculer d'usage général et d'usage spécial.

Pour l'essentiel, même s'il s'agissait là de calculateurs mécaniques et électromécaniques – lents à l'aune de l'âge de l'électronique[9] –, l'idée même d'un ordinateur universel et l'intelligence de ses possibilités étaient déjà présentes dans ces deux prototypes. Toutefois, l'ordinateur que nous connaissons aujourd'hui est né dans la seconde moitié du XX^{e} siècle.

L'ordinateur d'aujourd'hui est le fruit d'une extraordinaire évolution technologique où on est passé des tubes à vide aux transistors[10] dans les années 1950, aux circuits intégrés dans les années 1960, à l'intégration à grande échelle dans les années 1970, à l'intégration à très grande échelle et, à la fin, aux postes de travail et aux micro-ordinateurs qui ont récemment pris une grande part du marché de l'informatique[11].

On se rappellera que, avant 1950, on ne prévoyait pas de demande commerciale pour les calculateurs électroniques et que la recherche dans ce domaine s'est faite sans les fonds du secteur privé. Toutefois, dans les années 1940, les Laboratoires Bell, les seuls de l'industrie où se faisait de la recherche fondamentale, ont parrainé un programme de recherche en physique de l'état solide qui a abouti à la mise au point du transistor. Pendant la Seconde Guerre mondiale et après, ce sont essentiellement les intérêts militaires qui ont été le moteur des travaux de recherche et de développement dans ce domaine. La guerre de Corée a fait s'associer IBM aux travaux entrepris.

La première génération d'ordinateurs commerciaux réalisée dans les années 1950 avec la technologie des tubes à vide a été supplantée au début des années 1970 par le micro-ordinateur du fait de l'avènement du microprocesseur ou de la puce informatique. Bien qu'ayant connu le succès, cette première génération avait aussi bien des problèmes de taille et de sûreté de fonctionnement avec tous les tubes qui entraient dans la composition des appareils, d'où une

[9] D'après Freeman et Soete (1997, 172), les premières machines électroniques faisaient des multiplications et des additions mille fois plus vite que les calculateurs électromécaniques.

[10] Ce sont là des organes «actifs» qui règlent le courant électrique circulant dans un circuit.

[11] En 1984, les micro-ordinateurs et les postes de travail avaient pris plus de 30 % du marché (Fransman, 1994).

forte consommation d'énergie et de grands dégagements de chaleur. Le microprocesseur a permis de largement réduire la taille et le coût du matériel informatique, ce qui devait donner lieu à une diffusion croissante – mais non généralisée – du micro-ordinateur dans les ménages et les entreprises au début des années 1970. À cette époque, IBM faisait face à une vive concurrence, surtout parce qu'elle n'avait pas su reconnaître l'évolution du marché de l'informatique que provoquait l'arrivée du micro-ordinateur. Cette société a continué à privilégier les gros ordinateurs, alors que de nouveaux concurrents comme NEC et Toshiba décidaient d'évoluer, eux, sur le marché de la micro-informatique.

> … dans les années 1970 et 1980, l'échelle de diffusion des micro-ordinateurs, la réduction de leur coût, l'immense diversité des applications possibles et la convergence avec la technologie des communications ont provoqué la crise structurelle d'adaptation que nous vivons dans les années 1990 (Freeman et Soete, 1994, 47).

La révolution de la micro-électronique était si omniprésente qu'elle a influé sur toutes les sphères de la vie économique – touchant successivement les industries de biens (automatisation et électronisation des dispositifs de commande), les industries de services et les tâches domestiques – et, par conséquent, sur la structure de l'emploi. Ajoutons que la mise au point du transordinateur et l'avènement du traitement en parallèle dès le début des années 1980 ont été à l'origine de la vogue croissante de la réseautique et devaient par la suite prendre des proportions considérables.

L'évolution des logiciels parallèlement à l'évolution du matériel informatique et en interaction avec elle s'est caractérisée par des changements de stratégies des grandes sociétés s'occupant tant de production de matériel que de mise au point de logiciels, ainsi que des entreprises du domaine des services de programmation et d'informatique-conseil[12].

> Il importe en particulier de distinguer la révolution de la micro-électronique de la révolution des logiciels. Dans les années 1970, la première s'est amorcée par les conquêtes spectaculaires de la technologie des semi-conducteurs, et notamment par la création du microprocesseur avec sa capacité de stocker et de traiter de vastes quantités de données dans une petite puce électronique de plus en plus bon marché. Fait peut-être encore plus important, nous avons assisté aux progrès tout aussi spectaculaires de la technologie des logiciels (c'est-à-dire des techniques de traitement de l'information), laquelle était auparavant façonnée et dominée par les

[12] Pour obtenir un tableau complet de l'évolution des logiciels et du matériel informatique dans le contexte de la transformation industrielle, le lecteur pourra consulter Steinmueller (1995), qui décrit bien l'industrie des logiciels aux États-Unis.

> fabricants de matériel informatique. Comme le coût du matériel a fortement diminué et que des produits standard bon marché ont fait leur apparition (comme les micro-ordinateurs), deux autres grandes sources de technologie logicielle ont vu le jour, à savoir les fournisseurs de logiciels (qu'il s'agisse de grands fournisseurs comme Microsoft ou des nombreux petits fournisseurs qui créent des logiciels d'application) et les exploitants de systèmes à grande échelle (banques, magasins à succursales, sociétés aériennes, etc). C'est ainsi que la trajectoire technologique des entreprises et des pays dans le domaine de la création de logiciels s'est progressivement écartée de la trajectoire de l'innovation en matériel informatique (Pavitt, 1998, 565-566).

Qui plus est, à cause d'une tendance d'abord à la spécialisation des logiciels et ensuite à leur normalisation, des industries très diverses se sont occupées de mise au point de logiciels et de prestation de services logiciels, ce qui devait mener à un déplacement des informaticiens vers le secteur des services pendant les dernières années de la décennie 1980.

Au début des années 1980, le micro-ordinateur n'avait pas le rendement qui lui aurait permis de remplacer les gros ordinateurs et les entreprises ont continué à entretenir et à étendre les applications logicielles pour gros ordinateurs et, pour ce faire, conservé une capacité technologique interne. Toutefois, les progrès rapides de l'exploitation informatique ont rapidement distancé le développement de ces capacités internes.

> La croissance incessante de l'exploitation informatique dans les années 1970 et 1980 a de plus en plus été un défi pour les capacités internes de développement. Dans bien des cas, les bureaucraties internes se sont sclérosées ou ont tout simplement été incapables de suivre le rythme de l'évolution technologique. C'est pourquoi les entreprises ont commencé à repenser leurs décisions «faire ou faire faire» dans tout ce qui est traitement de données. Si une autre entreprise pouvait fournir en matière technologique le savoir-faire et les ressources humaines nécessaires à l'implantation de logiciels spécialisés, au choix entre des matériels complexes en concurrence et à la prestation de services d'information utiles à la clientèle interne, pourquoi ne pas acheter ces services au lieu de les assurer à l'interne? La complexité croissante des technologies et des marchés du traitement de données a amené les entreprises à opter pour le «faire faire» et divers fournisseurs sont apparus sur le marché pour combler cette demande (Steinmueller, 1995, 35).

Après cette tendance au recours à la sous-traitance, l'agencement de micro-ordinateurs en de vastes réseaux a fait de grands progrès à la fin des années 1980, et on a moins eu besoin de services informatiques extérieurs.

Nous ne sommes encore qu'à l'aube de la révolution de l'informatique et de la restructuration de l'emploi qui l'accompagne. La logique floue – où on combine une technologie informatique révolutionnaire et un réseau neuronal qui imite le cerveau humain – bouleversera littéralement l'électroinformatique, tout comme la façon dont nous travaillons et menons nos activités quotidiennes.

Il importe en fait de bien se rendre compte que, si l'informatisation a nettement influé sur la structure de l'emploi ces deux dernières décennies ou quelque, on peut s'attendre à une restructuration encore plus vaste si on considère l'immense évolution que devrait encore subir la nature des technologies informatiques. Comme nous l'avons expliqué, nous posons l'hypothèse que, bien qu'ayant rendu les procédés plus productifs dans des industries mûres, l'ordinateur transforme la structure de l'emploi par plus que de simples relèvements de productivité. Voilà probablement pourquoi on constate un déficit de productivité important dans certaines branches d'activité. En réalité, l'informatique fait atteindre aux travailleurs, en créant des modes d'exécution plus efficients, les limites mêmes du savoir et se trouve, par conséquent, à complexifier les problèmes à résoudre et donc l'exécution des tâches, ce qui a pour effet d'abaisser les taux de productivité (Lavoie et Roy, 1998).

> La TI a foncièrement amélioré l'exécution des recherches scientifiques, la modélisation et l'analyse des données et la création d'un savoir tiré de la science. Les calculs à grande vitesse et les applications logicielles de pointe ont aussi amélioré l'analyse des données scientifiques et considérablement réduit le temps nécessaire à l'accomplissement de certaines tâches scientifiques (National Science Foundation, 1998, 8-18).

Ce n'est cependant pas dire que l'ordinateur s'est substitué aux scientifiques. Illustrons ce point par un exemple. Bien que la productivité croissante des biologistes en cartographie du génome par des programmes très avancés de calcul doive un jour mener à une réduction des effectifs en biologie, on pourrait au contraire observer une demande grandissante de tels spécialistes. Le phénomène peut s'expliquer par la décroissance des tâches codifiées et la croissance compensatrice des tâches «tacites» en raison de l'incapacité de décomplexifier la recherche. Il y a là un cercle «vertueux» où on constate que plus l'ordinateur allège la charge du savoir codifié, plus les tâches «tacites» ont tendance à se multiplier.

4. Évolution de la structure industrielle et du degré d'utilisation de capital et d'ordinateurs dans les secteurs de l'industrie

Les éléments bien décrits d'hétérogénéité et de différenciation de l'activité technologique parmi les secteurs de l'industrie sont principalement attribuables à la diversité des sources et des effets de l'évolution technologique selon les industries[13]. Nous avons ainsi été amenés à créer une taxinomie des secteurs de l'industrie qui pourrait tenir compte de cette diversité et expliquer avec plus de précision l'éventail des effets sur l'emploi des changements technologiques qui s'opèrent dans l'économie.

Comme nous disposions au départ de données restreintes d'agrégation à 30 industries sur l'investissement en informatique, nous avons dû nous en remettre à une taxinomie plutôt grossière. Idéalement, nous aurions aimé avoir pu classer les secteurs de l'industrie selon leurs activités technologiques de base, ce qui nous aurait permis de mieux comprendre leurs contributions respectives au progrès technique national. Toutefois, ce nombre restreint de secteurs nous a obligés à décomposer tout l'appareil industriel en quatre catégories, à savoir celles des industries primaire, secondaire et tertiaire et du secteur public. À partir d'estimations publiées de taux de pénétration des technologies et de dépenses industrielles en R-D, nous avons en outre désagrégé la fabrication selon une utilisation faible, moyenne ou forte de la technologie d'après le niveau technologique des activités des diverses industries (Lavoie et Finnie, 1996)[14].

Ce que montre cet exercice taxinomique, c'est que l'économie canadienne se tertiarise de plus en plus. La figure 2 illustre bien le fait que la part de l'emploi total que détient le secteur tertiaire est bien supérieure à celles des autres secteurs et que cette part est en progression. La tendance à la tertiarisation se généralise parmi les pays, mais il est plutôt difficile d'en cerner les raisons

[13] À propos de la diversité des activités technologiques dans l'industrie, voir entre autres Napolitano (1991) et Pavitt (1984).

[14] Notre taxinomie industrielle comporte six secteurs, à savoir ceux de l'industrie primaire, de l'industrie secondaire dans ses éléments de forte, moyenne et faible utilisation de technologie, l'industrie tertiaire et le secteur public. On notera que nous avons exclu du secteur manufacturier à forte utilisation de technologie l'industrie de l'aéronautique CTI 321 (aéronefs et pièces) malgré le grand usage qu'on y fait de technologies, et ce, à cause du degré d'agrégation des données sur l'investissement en informatique que nous utilisons dans la présente étude. Comme il s'agit du niveau d'agrégation à deux chiffres, nous avons été contraints de ranger cette industrie dans le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie, car nous étions incapables de la séparer du reste de l'industrie du matériel de transport (CTI 32). Nous avons ainsi introduit un biais de classification, mais notre classement s'est révélé fort utile bien que plus grossier sur ce plan. On trouvera une description complète en annexe.

(OCDE, 1996; Lavoie et Roy, 1998; Lavoie et Finnie, 1998; Soete, 1995; O'Farrell, 1995; Osberg, 1989; Howe, 1986; National Science Foundation, 1998). L'explication peut en être une augmentation de la demande qui s'attache aux services de l'industrie tertiaire ou une stratégie montante de recours à la sous-traitance dans d'autres secteurs. Ce n'est pas notre propos de dégager les raisons de cette évolution, mais il reste que, à notre avis, un rythme d'évolution technologique qui s'avive pourrait en être en partie responsable ou, comme le précise la National Science Foundation, pourrait avoir été un préalable de la croissance des industries de services, la technologie intervenant comme instrument dans la prestation d'un grand nombre de services (National Science Foundation, 1998)[15].

De plus, il nous paraît très clair qu'il est impossible de beaucoup réduire les activités de base de l'industrie tertiaire à cause du caractère largement «tacite» du savoir dans les services. En d'autres termes, si l'industrie secondaire incarne en majeure partie un savoir codifiable, le secteur tertiaire exploite un savoir qui demeure principalement «tacite», ce qui tend à étendre ce secteur par rapport aux autres catégories industrielles. Comme l'ont dit Freeman et Soete, ce constant déplacement de valeur des industries de biens incarnant un savoir «codifiable» en quantité croissante vers des industries de services au savoir «tacite» est typique de la nouvelle société de l'information (Freeman et Soete, 1997, 406). Ainsi, l'utilisation d'ordinateurs est plus importante dans l'industrie tertiaire que dans les industries primaire et secondaire, mais elle ne peut se substituer outre mesure à la partie «tacite» des activités de savoir.

On observe un rythme de croissance de l'emploi qui s'amplifie dans l'industrie tertiaire, décroît dans les industries primaire et secondaire et demeure relativement stable dans l'ensemble dans le secteur public (après un léger fléchissement en 1981, la part de l'emploi que détient le secteur public a progressivement remonté et, en 1991, elle était un peu inférieure à sa valeur de 1971).

[15] En fait, nous avons effectué un test en intégrant à la régression des achats intermédiaires de services, sur le total des achats, afin d'évaluer l'ampleur de cette tertiarisation. Nous avons relevé un effet positif appréciable dans le cas des travailleurs du savoir en 1986 et 1991 et un effet négatif du même ordre dans le cas des travailleurs de la fabrication de biens pour la même période dans toute l'économie. Ces résultats ne changent en rien ce que nous appréhendons comme effet de l'informatisation. On devra s'efforcer de mieux distinguer l'effet du recours à la sous-traitance des autres effets et d'ainsi mieux comprendre l'ordre de grandeur du mouvement de tertiarisation.

Figure 2a
Répartition de l'emploi selon les catégories industrielles de 1971 à 1991

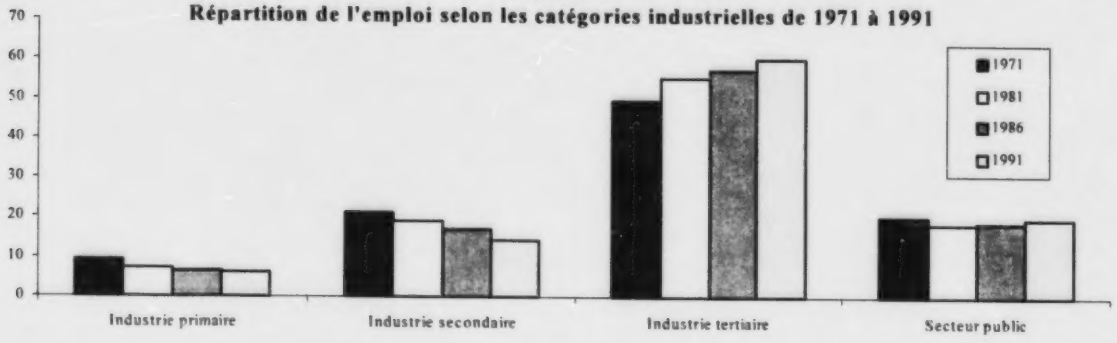
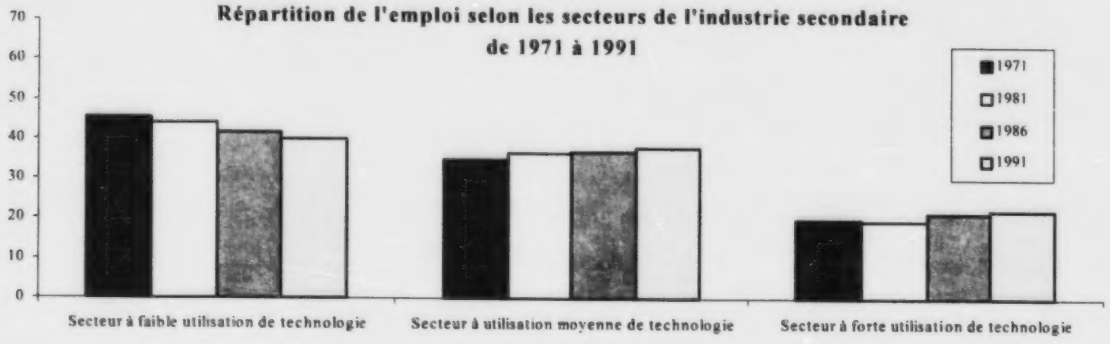


Figure 2b
Répartition de l'emploi selon les secteurs de l'industrie secondaire de 1971 à 1991



En regardant de plus près le secteur de la fabrication, on peut aussi voir le rôle toujours important dans l'économie canadienne des industries à faible utilisation de technologie, bien que la part de ces industries ait un peu diminué depuis deux décennies. Le secteur de la fabrication à forte utilisation de technologie détient toujours une part fort modeste de l'emploi total. On se rend compte que, dans une certaine mesure, l'informatisation a contribué à la transformation des industries héritées de notre passé industriel (Steinmueller, 1995).

4.1 Degré d'utilisation de capital et d'ordinateurs dans les secteurs de l'industrie

La technologie est un grand facteur déterminant des niveaux capitalistiques, mais il y a d'autres explications à la piètre productivité du stock de capital si, par exemple, les patrons ne savent pas affecter leurs travailleurs avec efficience ou si des pratiques restrictives de la part de ces mêmes travailleurs ont pour effet de diminuer la valeur ajoutée. Il importe néanmoins de mieux comprendre le rapport entre technologie et capital. Selon Pasinetti,

> Chaque rapport capital-production est essentiellement déterminé au niveau sectoriel par la *technologie*. Dans la pratique, si à un moment quelconque ce rapport dans un secteur comme celui de la location d'habitations est le centuple

> de celui d'un secteur comme celui du vêtement, la raison en est simplement que la technologie y est telle qu'une production au moindre coût exige, dans le secteur de la location de logements, un rapport capital-production centuple de celui du secteur du vêtement (Pasinetti, 1981, 216-217).

On pourrait penser qu'à un degré donné d'utilisation de capital devrait correspondre un degré donné d'utilisation de travail. Notre explication à nous est que le capital ne se substitue pas immédiatement au travail, mais médiatement par la technologie, et que certains types d'emplois sont complémentaires par rapport à un haut intensité du capital. En d'autres termes, au lieu de suivre l'argumentation selon laquelle le degré d'utilisation de capital est révélateur de la productivité du capital, nous faisons valoir qu'il devrait exister un lien entre les degrés respectifs d'utilisation du capital, de la technologie et des ressources humaines (main-d'œuvre hautement qualifiée, par exemple). Comme l'a fait remarquer Howitt à une conférence tenue à Ottawa, la R-D tend à être une activité à forte utilisation de capital tant humain que matériel. Il devient plutôt compliqué d'interpréter le degré d'utilisation de capital à la lumière de l'évolution technologique, et voilà pourquoi il est fort utile d'ajouter des variables relatives à la technologie même si l'intensité du capital nous renseigne quelque peu sur l'état de la technologie dans une industrie[16].

Une importante observation qui se dégage des figures 3a, b, c et d est que, pour l'ensemble de l'économie, l'intensité du capital est très stable dans le temps[17]. Toutefois, on constate au niveau sectoriel un certain nombre de différences marquées pour ce qui est du degré d'utilisation de capital[18]. L'industrie primaire domine sur ce plan (bien que son utilisation de capital diminue largement avec le temps), suivie du secteur public, de l'industrie tertiaire[19] et de l'industrie secondaire.

---

[16] Pour un examen sommaire du rôle du capital dans l'évolution technologique et la croissance économique, voir Papaconstantinou et coll. (1996).

[17] Dans l'ensemble, le taux d'utilisation de capital augmente en moyenne de 0,2 % par an et celui de l'utilisation d'ordinateurs a atteint 3,4 % de 1971 à 1991 (chiffres non présentés dans les tableaux).

[18] La notion d'utilisation de capital est définie comme le rapport du stock de capital et de la valeur ajoutée (on trouvera plus de détails à ce sujet au chapitre 6). La valeur ajoutée (PIB au coût des facteurs) retenue pour le secteur public diffère de celle du secteur privé, ce qui nous contraint à la prudence dans toute comparaison intersectorielle. Le PIB du secteur public comprend uniquement le revenu du travail (salaires et revenu supplémentaire du travail) et la dépréciation du stock de capital (Statistique Canada, publication n° 15-510 au catalogue).

[19] On se rappellera que les services publics font partie de la catégorie des services. Ayant un haut intensité du capital, ils changent quelque peu le tableau de l'utilisation du capital dans l'industrie tertiaire. Avec les services publics, l'intensité du capital de l'industrie tertiaire est de 0,88 en 1971 et de 1,01 en 1991 et, sans les services publics, de 0,58 et 0,69 ces deux mêmes années. On trouvera plus de détails en annexe sur le degré d'utilisation de capital dans les secteurs d'une désagrégation industrielle.

Figure 3a
Degré d'utilisation d'ordinateurs par secteur (C/I)

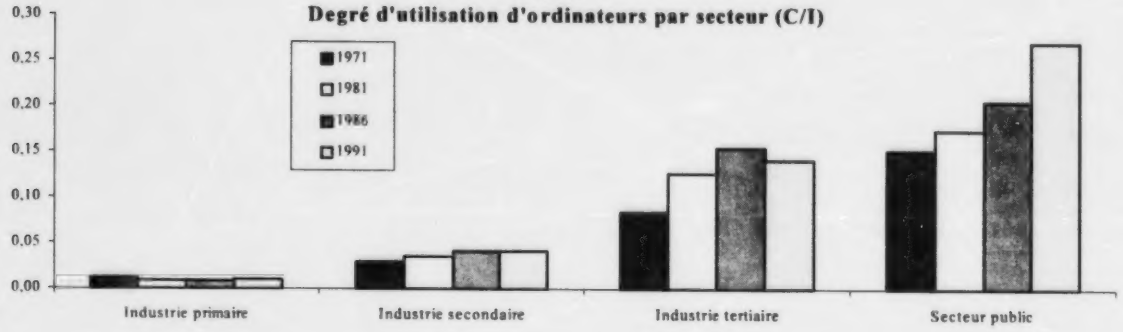


Figure 3b
Degré d'utilisation de capital par secteur (K/V.A.)

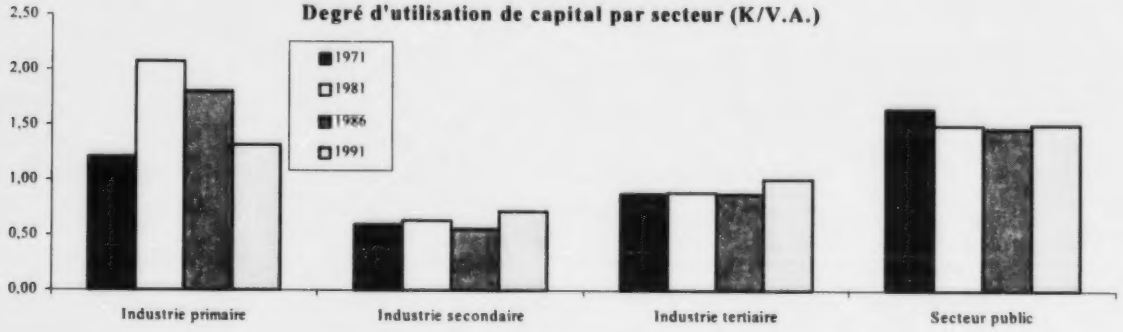
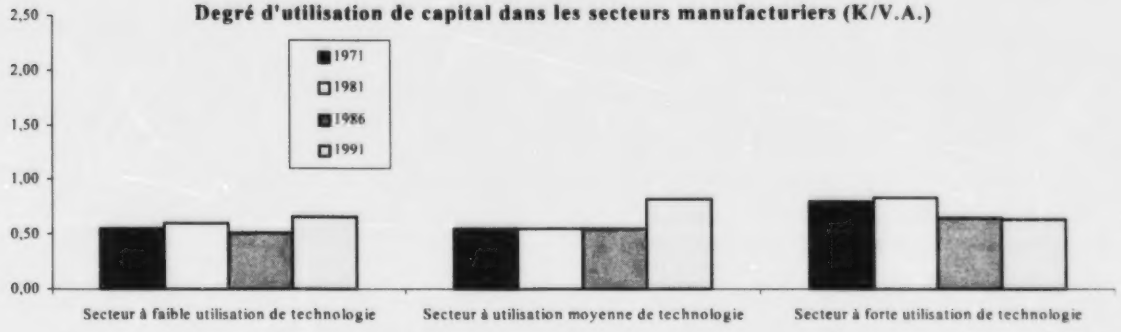


Figure 3c
Degré d'utilisation d'ordinateurs dans les secteurs manufacturiers (C/I)

Figure 3d
Degré d'utilisation de capital dans les secteurs manufacturiers (K/V.A.)



Dans l'industrie secondaire, l'intensité du capital était légèrement en hausse en 1991 à cause d'un fort gain dans le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie. Le secteur manufacturier à faible utilisation de technologie a aussi un peu relevé son intensité du capital la dernière année, alors que le secteur à forte utilisation abaissait le sien.

Les industries qui utilisent le plus de capital sont-elles aussi celles qui emploient le plus d'ordinateurs? Parmi les grands secteurs industriels, nous constatons un recours croissant à l'informatique dans le temps, alors que, en général, le degré d'utilisation de capital demeure plutôt stable sauf dans l'industrie primaire. Autre observation : l'industrie primaire fait très peu appel à l'informatique, mais fait une grande consommation de capital. Le secteur public est celui qui, à la fois, emploie le plus de capital et le plus d'ordinateurs et le degré de recours à l'informatique augmente rapidement. Une désagrégation de l'industrie secondaire révèle encore une fois des différences de tendances, mais les ordres de grandeur sont foncièrement les mêmes dans tous les secteurs constitutifs. Un dernier point : dans le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie, nos deux mesures se situent nettement aux antipodes l'une de l'autre avec une utilisation d'ordinateurs en croissance et une utilisation de capital en décroissance, ce qui nous fait penser que des technologies autres que celle de l'informatique interviennent dans ce secteur.

Après avoir décrit ces tendances interindustrielles sur le plan de l'utilisation de capital et d'ordinateurs, nous verrons à la dernière section comment ces mêmes tendances influent sur les diverses catégories de travail.

5. Transformation de la structure de l'emploi

Dans une étude antérieure (Lavoie et Roy, 1998), nous avons observé pour la catégorie des travailleurs du savoir un taux de croissance élevé, mais variable selon les sous-catégories. À l'aide d'un modèle de décomposition, nous avons examiné trois sources de transformation de l'emploi et, sans directement évaluer ce que nous venons d'affirmer, nous avons été amenés à penser, par la constatation d'un effet marqué de substitution, que l'évolution technologique jouait un grand rôle. En fait, l'incidence de la technologie peut être multiple avec des effets de substitution entre groupes de travailleurs et d'accroissement de la productivité, mais aussi de la qualité et de la demande de nouveaux produits perfectionnés, etc. Si d'habitude un haut taux d'augmentation de la productivité est lié à une diminution de l'emploi, surtout dans les industries mûres ou en décroissance, les indices abondent selon lesquels, dans le cas de produits et de services nouveaux, il existe un «cercle vertueux» où la production, l'emploi et la productivité croissent vivement à la fois et se renforcent les uns les autres dans leur progression (Freeman et Soete, 1994, 59).

Aux tableaux 1a et 1b, on peut voir que l'industrie tertiaire a présenté le plus haut taux de croissance de l'emploi de 1971 à 1991, suivie du secteur public, ce qui s'explique par un déplacement économique de l'activité secondaire vers l'activité tertiaire. Les industries primaire et secondaire offraient des taux de croissance moindres mais très convergents de 0,3 % et 0,4 % respectivement pendant toute la période considérée (chiffres non présentés dans les tableaux). Si on compare les deux décennies, on notera que seul le secteur public a vu l'emploi s'accroître davantage pendant le dernier de ces intervalles décennaux, tandis que tous les autres secteurs montraient un taux supérieur pendant la première.

Il convient également de noter que, dans la seconde décennie et surtout les cinq dernières années, l'emploi a décru dans l'industrie secondaire, phénomène qui pourrait aussi s'expliquer par le déplacement général de l'industrie secondaire vers l'industrie tertiaire et le secteur public. Mentionnons enfin que le taux de croissance de l'emploi dans l'industrie primaire a été stable dans les deux décennies.

Tableau 1a
Emploi par catégorie professionelle de 1971 à 1991

Industrie primaire

Groupe professionnel	1971	1981	1986	1991	Taux annuel moyen de croissance 1971-81	1981-91
	milliers					
Savoir	14,5	26,1	29,4	33,4	6,1	2,5
Sciences pures	1,7	1,3	1,4	1,3	-2,9	0,5
Sciences appliquées	4,6	8,0	9,1	10,1	5,7	2,3
Génie	4,8	9,1	9,2	10,3	6,5	1,2
Informatique	0,7	1,9	2,8	3,3	10,7	5,9
Sciences sociales et humaines	2,6	5,8	6,9	8,4	8,3	3,9
Gestion	23,7	47,7	56,5	91,1	7,3	6,7
Gest. des sciences et de la techn.	0,7	3,2	3,6	4,2	16,3	2,9
Gest. hors disc. techn.	23,0	44,6	52,8	86,8	6,8	6,9
Traitement de données	33,7	63,0	66,5	77,3	6,5	2,1
Prestation de services	8,3	10,2	10,2	13,7	2,1	3,1
Fabrication de biens	661,6	617,3	612,5	572,5	-0,7	-0,8
Total	**741,7**	**764,3**	**775,1**	**788,1**	**0,3**	**0,3**

Industrie secondaire

Groupe professionnel	1971	1981	1986	1991	Taux annuel moyen de croissance 1971-81	1981-91
	milliers					
Savoir	78,3	98,6	116,6	127,4	2,3	2,6
Sciences pures	4,9	5,0	6,2	6,3	0,3	2,3
Sciences appliquées	0,8	1,2	1,5	2,1	4,0	6,0
Génie	30,0	36,1	41,4	43,9	1,9	2,0
Informatique	6,7	10,6	15,5	17,8	4,6	5,4
Sciences sociales et humaines	35,9	45,7	51,9	57,2	2,4	2,3
Gestion	34,6	120,5	148,7	175,3	13,3	3,8
Gest. des sciences et de la techn.	6,8	38,8	40,7	45,1	19,0	1,5
Gest. hors disc. techn.	27,8	81,7	108,0	130,2	11,4	4,8
Traitement de données	391,6	401,9	392,7	393,8	0,3	-0,2
Prestation de services	44,2	40,8	36,4	33,0	-0,8	-2,1
Fabrication de biens	1173,6	1385,0	1319,7	1128,7	1,7	-2,0
Total	**1722,4**	**2046,9**	**2014,1**	**1858,1**	**1,7**	**-1,0**

suite...

Tableau 1a (suite)

Industrie tertiaire

Groupe professionnel	1971	1981	1986	1991	Taux annuel moyen de croissance 1971-81	1981-91
	milliers					
Savoir	214,2	377,4	475,5	621,5	5,8	5,1
Sciences pures	3,4	5,9	8,1	11,5	5,6	6,9
Sciences appliquées	21,7	30,8	36,5	41,9	3,6	3,1
Génie	38,6	64,5	67,5	93,4	5,3	3,8
Informatique	10,3	33,2	58,4	94,4	12,4	11,0
Sciences sociales et humaines	140,1	243,0	305,0	380,4	5,7	4,6
Gestion	79,6	439,3	579,2	760,7	18,6	5,6
Gest. des sciences et de la techn.	5,5	33,9	37,7	54,0	19,8	4,8
Gest. hors disc. techn.	74,0	405,4	541,5	706,7	18,5	5,7
Traitement de données	1699,8	2469,9	2750,4	3145,2	3,8	2,4
Prestation de services	673,3	982,2	1188,8	1384,6	3,8	3,5
Fabrication de biens	1334,5	1634,3	1713,2	1884,8	2,0	1,4
Total	**4001,4**	**5903,1**	**6707,1**	**7797,0**	**4,0**	**2,8**

Secteur public

Groupe professionnel	1971	1981	1986	1991	Taux annuel moyen de croissance 1971-81	1981-91
	milliers					
Savoir	121,3	175,1	205,6	256,1	3,7	3,9
Sciences pures	14,9	18,0	21,0	26,0	1,9	3,8
Sciences appliquées	30,4	37,3	42,3	51,7	2,1	3,3
Génie	22,6	27,2	30,1	37,8	1,9	3,4
Informatique	6,2	13,6	20,2	28,4	8,1	7,6
Sciences sociales et humaines	47,1	79,0	92,0	112,1	5,3	3,6
Gestion	81,2	139,0	181,2	233,3	5,5	5,3
Gest. des sciences et de la techn.	5,1	11,1	13,8	19,6	8,1	5,9
Gest. hors disc. techn.	76,1	128,0	167,3	213,6	5,3	5,3
Traitement de données	815,5	1018,1	1089,4	1257,5	2,2	2,1
Prestation de services	457,9	451,4	560,0	615,8	-0,1	3,2
Fabrication de biens	162,1	168,2	169,7	199,4	0,4	1,7
Total	**1638,0**	**1951,7**	**2205,9**	**2562,1**	**1,8**	**2,8**

Source : Données du recensement

Si on décompose ce tableau d'ensemble en quatre grands secteurs de l'industrie, on constate des différences de tendances de croissance dans le temps des diverses catégories de travailleurs par

rapport aux tendances correspondantes se dégageant de l'ensemble de l'économie[20]. Nous examinerons de plus près les tendances professionnelles des groupes d'industries, puis comparerons celles-ci pour bien nous rendre compte de la diversité des compétences exigées dans ces différents secteurs.

À ce stade, on peut dire en dernière analyse qu'il s'est créé plus d'emplois qu'il n'en a disparu, alors que le profil des compétences évoluait considérablement pendant les deux décennies en question. À la prochaine section, nous récapitulerons ces éléments de transformation à l'échelle interprofessionnelle. Nous dirons d'abord quelques mots au sujet de notre classement professionnel par rapport au mouvement d'informatisation afin de mieux comprendre la répartition industrielle des catégories de travailleurs et (comme nous le verrons plus loin dans cette étude) les rapports avec l'informatisation.

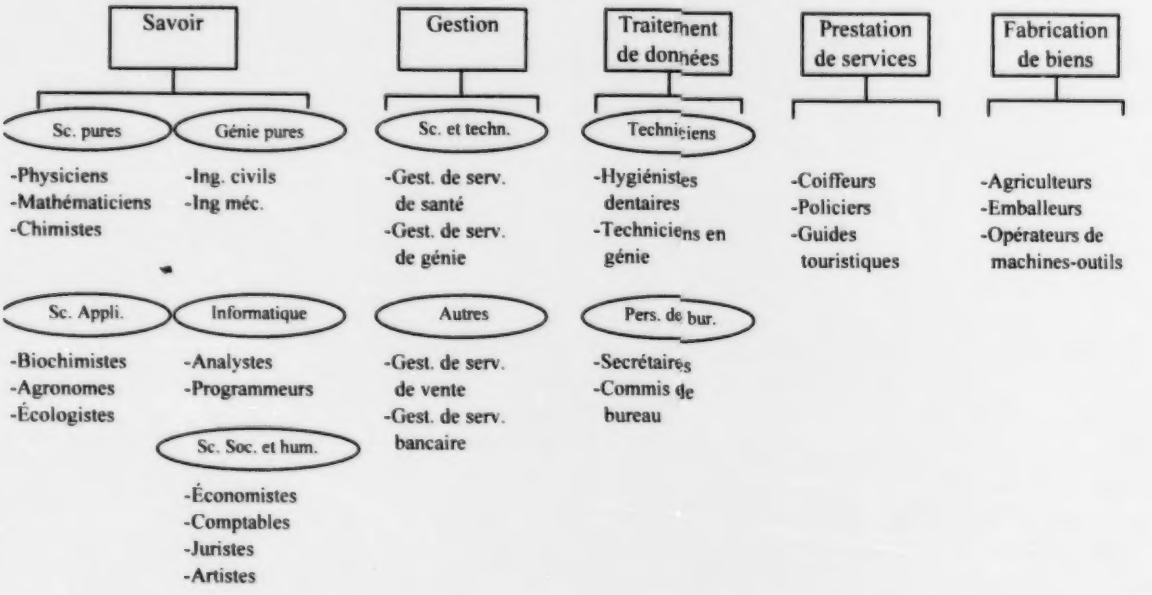
Nous reprenons ici le classement professionnel qui figure dans Lavoie et Roy (1998). Nous avons regroupé 499 professions au total (codes à quatre chiffres de la Classification type des professions de 1980) en cinq grandes catégories, à savoir celles des travailleurs du savoir, de la gestion, du traitement de données, de la prestation de services et de la fabrication de biens. C'est un classement qui sera notamment utile à celui qui s'intéresse aux effets de l'informatisation. Ainsi, la catégorie du savoir se compose des travailleurs ayant essentiellement pour tâche de susciter de nouvelles idées. Dans une catégorie où la créativité joue un grand rôle, l'ordinateur ne peut guère constituer un moyen de remplacement. Il reste que, dans leurs tâches complémentaires, ces travailleurs s'appuient fréquemment sur l'ordinateur. L'informatisation a même indirectement aidé les travailleurs du savoir dans leurs activités de base en accélérant et facilitant les calculs, etc. En revanche, dans le cas des travailleurs du traitement de données, les tâches de base consistent notamment à stocker et à extraire des données, activités se prêtant à l'informatisation en raison de leur caractère codifiable. À la différence des travailleurs du savoir, les travailleurs du traitement de données exercent des activités de base routinières et des activités complémentaires «tacites» (où il y a des jugements à porter, par exemple).

---

[20] Il importe de tenir compte ici de la vaste diversité des professions dans les industries. Ainsi, les professions du traitement de données peuvent présenter de fortes concentrations dans certaines industries de services et de faibles concentrations dans des industries comme celle de la construction, bien que cette dernière fasse aussi partie de l'économie tertiaire. En d'autres termes, nos quatre grandes catégories d'industries ne sont pas homogènes dans les professions qu'elles comportent et une désagrégation plus fine permettrait de mieux comprendre la structure de l'emploi. C'est là une limite imposée aux études macro-économiques qui perdent en précision pour gagner en étendue.

Dans la catégorie de la gestion, les tâches de base ne sont guère routinières, exigeant du discernement et de la créativité en planification, en direction, en lecture de rapports, etc. Les tâches complémentaires pourraient néanmoins se révéler plus routinières, car il peut s'agir, par exemple, de dresser des factures en appliquant une procédure rigide se prêtant à une informatisation. Dans la catégorie des services, les tâches de base (prestation de services personnels) s'apprennent par la pratique et l'expérience et revêtent donc un caractère hautement tacite. Enfin, chez les travailleurs de la fabrication de biens, les activités de base sont hautement routinières (surtout s'il s'agit de produire et de manutentionner des biens) et se prêtent éminemment à l'application de systèmes experts. On ne peut néanmoins en dire autant des travailleurs du secteur des biens qui s'occupent de transports. En général, ces travailleurs ont des tâches complémentaires minimes.

Figure 4
Classement professionnel



Note : Les professions énumérées le sont à titre d'exemple seulement.

Source : Lavoie et Roy (1998)

Tableau 1b
Emploi par catégorie professionelle dans les secteurs manufacturiers de 1971 à 1991

Secteur à faible utilisation de technologie

	milliers				*Taux annuel moyen de croissance*	
Groupe professionnel	**1971**	**1981**	**1986**	**1991**	**1971-81**	**1981-91**
Savoir	19,4	22,5	24,6	26,1	1,5	1,5
Sciences pures	1,6	1,4	1,6	1,5	-1,4	0,8
Sciences appliquées	0,3	0,6	0,8	1,0	6,6	4,7
Génie	6,6	7,4	7,4	7,9	1,1	0,7
Informatique	1,3	2,4	3,2	3,7	6,5	4,3
Sciences sociales et humaines	9,5	10,7	11,5	11,9	1,2	1,1
Gestion	12,8	44,2	49,6	58,1	13,2	2,8
Gest. des sciences et de la techn.	2,5	15,3	14,7	15,8	20,0	0,3
Gest. hors disc. techn.	10,3	28,9	34,9	42,3	10,9	3,9
Traitement de données	141,8	140,5	129,4	125,6	-0,1	-1,1
Prestation de services	24,1	23,0	19,8	17,6	-0,5	-2,6
Fabrication de biens	581,3	671,6	615,6	513,2	1,5	-2,7
Total	**779,3**	**901,8**	**839,0**	**740,6**	**1,5**	**-2,0**

Secteur à utilisation moyen de technologie

	milliers				*Taux annuel moyen de croissance*	
Groupe professionnel	**1971**	**1981**	**1986**	**1991**	**1971-81**	**1981-91**
Savoir	26,6	33,3	38,8	44,8	2,3	3,0
Sciences pures	1,0	1,0	1,2	1,3	0,3	3,3
Sciences appliquées	0,2	0,2	0,3	0,5	4,0	7,5
Génie	13,2	15,8	18,6	22,1	1,9	3,5
Informatique	1,9	3,4	4,7	5,7	4,6	5,3
Sciences sociales et humaines	10,2	12,9	14,0	15,2	2,4	1,6
Gestion	12,0	42,5	52,7	64,4	13,3	4,2
Gest. des sciences et de la techn.	2,5	14,1	15,2	17,4	19,0	2,1
Gest. hors disc. techn.	9,6	28,4	37,5	46,9	11,4	5,2
Traitement de données	127,2	142,4	136,2	141,6	0,3	-0,1
Prestation de services	14,1	12,5	11,3	10,5	(0,8)	-1,7
Fabrication de biens	422,4	519,0	505,5	445,9	1,7	-1,5
Total	**602,3**	**749,6**	**744,5**	**707,3**	**1,7**	**-0,6**

suite...

Tableau 1b (suite)

Secteur à forte utilisation de technologie						
	milliers				*Taux annuel moyen de croissance*	
Groupe professionnel	**1971**	**1981**	**1986**	**1991**	**1971-81**	**1981-91**
Savoir	32,3	42,8	53,2	56,5	2,9	2,8
Sciences pures	2,2	2,7	3,4	3,4	1,7	2,6
Sciences appliquées	0,3	0,3	0,5	0,6	1,7	7,5
Génie	10,1	13,0	15,4	13,9	2,5	0,7
Informatique	3,5	4,7	7,7	8,4	3,1	5,9
Sciences sociales et humaines	16,2	22,1	26,4	30,1	3,2	3,1
Gestion	9,8	33,8	46,4	52,8	13,2	4,6
Gest. des sciences et de la techn.	1,9	9,4	10,9	11,8	17,4	2,4
Gest. hors disc. techn.	7,9	24,5	35,5	41,0	11,9	5,3
Traitement de données	122,7	119,1	127,1	126,5	(0,3)	0,6
Prestation de services	6,1	5,3	5,2	4,8	(1,2)	(1,1)
Fabrication de biens	169,9	194,4	198,5	169,6	1,4	(1,4)
Total	**340,8**	**395,4**	**430,5**	**410,2**	**1,5**	**0,4**

Source : Données du recensement

5.1 Emploi dans la catégorie des travailleurs de la gestion

Comme on pouvait s'y attendre, c'est la catégorie des travailleurs de la gestion qui a présenté le plus haut taux de croissance dans le temps à l'échelle intersectorielle. Comparativement aux autres secteurs, le secteur non commercial (secteur public) a vu l'emploi en gestion s'accroître constamment au fil des ans, bien que son taux de croissance soit le plus bas de tous pour les deux décennies. Il y a eu une augmentation appréciable de l'emploi dans tous les autres secteurs pendant la première décennie[21], mais le secteur public n'a pas exactement suivi ce mouvement.

Si les gestionnaires en sciences et en technologie sont invariablement en moins grand nombre que les autres gestionnaires à l'échelle interindustrielle, leur taux d'accroissement est nettement plus élevé, plus particulièrement de 1971 à 1981. Il convient de noter – et on ne s'en étonnera

[21] Cette progression est réelle en partie, mais il convient aussi de noter le biais introduit par le passage du Manuel de codage des professions (MCP) à la Classification type des professions (CTP) de 1971 à 1981. Nous renvoyons le lecteur à un rapport du personnel de Statistique Canada (Montigny, 1988) ayant pour titre *Évaluation des données sur la profession au recensement de 1981* (Division de l'analyse des enquêtes des ménages et du travail), document qui expose les raisons de la croissance rapide des professions de la gestion entre les deux recensements. Évoquons pour l'instant deux grandes raisons : *(i)* il y a une transformation des tâches de l'«administrateur» qui a fait employer plus fréquemment le terme «gestionnaire»; *(ii)* on a fait un usage moins restrictif des limites salariales en 1981 qu'en 1971. Dans le rapport précité, on signale en outre que la version française du manuel de codage a elle aussi été source de biais.

pas – que les gestionnaires en sciences et en technologie représentent une proportion plus élevée des cadres – environ le quart de l'effectif total de gestion – dans l'industrie secondaire que dans les autres secteurs (où la proportion correspondante est de moins de 10 % en moyenne).

5.2 Emploi dans la catégorie des travailleurs du savoir

Le secteur qui consomme le plus de savoir est le secteur public, suivi de l'industrie tertiaire. L'industrie secondaire se classe au dernier rang. Le plus haut taux de croissance de cette catégorie a été observé pendant la première décennie dans l'industrie primaire (6,1 %) et le plus bas, dans l'industrie secondaire. Les trois autres secteurs ont présenté un taux plutôt stable sur ce plan dans les deux décennies, mais l'industrie primaire a accusé une baisse dans la seconde. Dans l'ensemble, les travailleurs du savoir tiennent une place fort modeste dans l'emploi total (moins de 10 % dans l'ensemble des industries).

5.2.1 Sciences pures

On ne s'étonnera pas de trouver un plus grand nombre de spécialistes des sciences pures dans le secteur public, puisque les établissements d'enseignement et les hôpitaux font partie de cette catégorie industrielle. Il est plutôt encourageant de constater que le taux de croissance de la catégorie du savoir a presque doublé dans ce secteur de la première à la seconde décennie, bien que restant inférieur au taux de toute la catégorie pour les deux décennies. On trouve la deuxième proportion en importance de spécialistes des sciences pures dans le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie. Ce pourcentage a augmenté de 1971 à 1991.

Bien qu'ils forment seulement un groupuscule dans l'industrie tertiaire, c'est dans ce secteur que les spécialistes des sciences pures ont connu le taux de progression le plus important, plus particulièrement les dernières années, ce qui s'explique probablement par l'importance croissante du recours à la sous-traitance, cette croissance ayant été observée dans les services de consultation et le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières[22]. Il faut sans doute interpréter cette augmentation comme un indice de santé si on suit le raisonnement de la National Science Foundation qui, dans son dernier rapport, affirmait que les analystes voient dans l'emploi tertiaire un indicateur avancé de la santé du marché du travail en sciences et en

[22] Cette hausse appréciable est principalement attribuable à la CTP 2181 (actuaires, statisticiens et mathématiciens), où le taux annuel moyen a été de 4,5 % de 1971 à 1991, ainsi qu'à la CTP 2189 (mathématiciens nca). En 1971, il n'y avait pas de travailleurs dans ces dernières professions dans le secteur des finances, des assurances et des affaires immobilières, mais on en dénombrait 745 en 1991.

technologie compte tenu du passage d'une économie secondaire à une économie tertiaire (NSF, 1998, 3-17). Comme dernier point d'intérêt, signalons que le taux de croissance de la sous-catégorie des sciences pures a diminué dans l'industrie primaire de 1971 à 1981[23].

5.2.2 Sciences appliquées

Là aussi, c'est sans surprise que l'on constate que les spécialistes des sciences appliquées sont le plus nombreux dans le secteur public[24]. Ils dépassent nettement en nombre les spécialistes des sciences pures dans l'industrie tertiaire; le taux de croissance de la sous-catégorie des sciences appliquées est environ la moitié de celui de la sous-catégorie des sciences pures, et c'est une divergence qui s'accentue au cours des deux décennies. Contrairement aux spécialistes des sciences pures, les spécialistes des sciences appliquées forment un contingent important et grandissant dans l'industrie primaire et se multiplient aussi plutôt rapidement dans l'industrie secondaire (secteurs manufacturiers à moyenne et à forte utilisation de technologie)[25], surtout dans la seconde décennie, laissant ainsi loin derrière le taux de croissance de la catégorie des travailleurs du génie.

5.2.3 Génie

Bien que les ingénieurs soient le plus concentrés dans l'industrie secondaire, c'est quand même dans cette catégorie industrielle que le taux de croissance de cette sous-catégorie a été le plus bas tout au long de la période, ce qui pourrait peut-être en partie s'expliquer par un recours supérieur à la sous-traitance pour l'obtention de compétences en génie. Les entreprises manufacturières préfèrent sans doute retenir les services de bureaux de génie-conseil, car elles peuvent ainsi embaucher et débaucher plus à leur gré, tout en demeurant à la pointe de toutes les disciplines du génie. (Elles emploient probablement la même stratégie dans le cas des informaticiens, comme nous le verrons plus loin, puisqu'on constate que le taux de croissance de la sous-catégorie de l'informatique est bien moindre dans l'industrie secondaire que dans les autres secteurs.) Cette constatation s'accorde avec celle de la grande progression de ce groupe de travailleurs dans une

---

[23] Cette baisse s'explique principalement par un recul dans la CTP 2119 (physiciens nca : prospecteurs, explorateurs, physico-métallurgistes, etc.) dans le secteur minier de 1971 à 1981.

[24] À la suite de cette section, nous examinerons ensemble les sous-catégories des sciences pures et appliquées à cause de la petite taille de ces groupes professionnels.

[25] Dans le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie, le taux annuel moyen de croissance de la catégorie CTP 2133 (biologie et professions connexes) s'est établi à 8,5 % de 1981 à 1991. Dans le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie, la croissance a été largement concentrée dans la CTP 2131 (agronomie et sciences connexes) avec un taux annuel moyen de croissance de 14 % de 1981 à 1991.

industrie tertiaire dont font partie les bureaux de génie-conseil. De 1971 à 1991, l'industrie primaire a vu son effectif d'informaticiens augmenter considérablement, bien que le taux d'accroissement ait nettement fléchi dans la seconde décennie.

Il convient de noter que, à l'échelle intersectorielle, le taux de croissance de la sous-catégorie du génie a été généralement inférieur à celui de toute la catégorie du savoir, mais supérieur à celui de l'emploi total.

5.2.4 Informatique

La catégorie des informaticiens a présenté un des plus hauts taux de croissance de tous à l'échelle industrielle et parfois partagé ce rang élevé avec la catégorie de la gestion. C'est dans l'industrie tertiaire que le nombre d'informaticiens a le plus augmenté de 1971 à 1991. Le taux a été plutôt stable dans le temps, mais devait légèrement régresser de 1981 à 1991, tombant de 12,4 % à 11 %. En 1991, la sous-catégorie de l'informatique, dont la taille était d'environ 27 % de celle de la catégorie du génie en 1971, dépassait en nombre cette même catégorie dans l'industrie tertiaire. La situation est néanmoins très différente dans l'industrie secondaire où les ingénieurs sont 2,5 fois plus nombreux que les informaticiens. Il reste que le taux de croissance de la sous-catégorie de l'informatique est plus du double de celui de la sous-catégorie du génie pour les deux décennies, et ce, quoique cette même industrie ait présenté le plus bas taux de progression du groupe des informaticiens dans l'ensemble.

5.2.5 Sciences sociales et humaines

Sauf dans l'industrie primaire, les travailleurs des sciences sociales et humaines forment la plus grande concentration de travailleurs du savoir. Cela se remarque tout particulièrement dans l'industrie tertiaire où, en 1991, la sous-catégorie des sciences sociales et humaines figurait pour 61 % dans la catégorie du savoir, contre 25 % dans l'industrie primaire[26]. Dans l'industrie secondaire et le secteur public, les concentrations sont à peu près égales (45 % environ).

Le taux de croissance de la sous-catégorie des sciences sociales et humaines est bien moindre dans l'industrie secondaire (taux constant de 2,4 %) que dans les trois autres secteurs pour les deux décennies. Toutefois, il excède celui de la sous-catégorie du génie dans l'industrie secondaire et dépasse nettement le taux d'accroissement de l'emploi total.

---

[26] De 1971 à 1991, le groupe des comptables a présenté un taux annuel moyen de croissance de 7 %; en 1971, il constituait 80 % de tout l'effectif de la catégorie du savoir dans l'industrie primaire.

Il convient enfin de noter que le taux de croissance du groupe des spécialistes des sciences sociales et humaines est un des plus élevés de l'industrie primaire, surtout dans la première décennie.

5.3 Emploi dans la catégorie des travailleurs du traitement de données

Les travailleurs du traitement de données se situent au cœur de la révolution des technologies de l'information, leurs tâches consistant avant tout à stocker et à extraire des données. Dans le secteur public en 1991, ils représentaient la moitié de tous les effectifs. La proportion correspondante était en moyenne de 40 % dans l'industrie tertiaire de 1971 à 1991. On doit cependant souligner la composition industrielle plutôt hétérogène de l'industrie tertiaire. Les éléments d'hétérogénéité sont probablement plus évidents si on regarde les travailleurs du traitement de données présents dans les secteurs constitutifs de cette industrie. À comparer l'industrie de la construction à celle des finances, des assurances et des affaires immobilières, on se rend compte que ces travailleurs présentent une concentration plutôt faible dans la première et une concentration appréciable dans la seconde (chiffres non présentés dans les tableaux). La catégorie du traitement de données représente une proportion bien moindre de l'emploi total dans les industries primaire (4,5 % en 1971 et 10 % en 1991) et secondaire (23 % en 1971 et 21 % en 1991). Ces mêmes travailleurs sont donc le plus concentrés dans le secteur public et l'industrie tertiaire.

Lorsqu'on examine le taux de croissance, on constate qu'il n'a pas augmenté dans l'industrie secondaire et que le taux d'accroissement de l'emploi total a également été presque nul. Ce dernier a crû d'à peine 0,4 % dans les deux décennies, mais a en fait décru dans la seconde. Il n'y a que de 1971 à 1981 dans le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie et de 1981 à 1991 dans le secteur manufacturier à forte utilisation que le groupe des travailleurs du traitement de données ait présenté un taux de variation positif. Le taux de 4,2 % relevé de 1971 à 1991 dans l'industrie primaire est plus impressionnant si on considère que, dans le cas de l'emploi total, le taux d'accroissement s'est établi dans l'ensemble à 0,3 % seulement dans ce même secteur[27].

[27] Cette hausse est principalement attribuable aux catégories CTP 2165 (techniciens en génie), 4143 (opérateurs en traitement électronique de données) et 4131 (teneurs de livres et commis-comptables), où les taux annuels moyens de croissance ont respectivement été de 11,1 %, 10,6 % et 11,8 % de 1971 à 1991.

Le taux a respectivement été de 3,1 % et de 2,2 % dans l'industrie tertiaire et le secteur public, un peu plus dans les deux cas que le taux d'accroissement de l'emploi total de 1971 à 1991.

5.4 Emploi dans la catégorie des travailleurs de la prestation de services

Dans les secteurs manufacturiers à forte, moyenne et faible utilisation de technologie, le taux de croissance de la catégorie des travailleurs de la prestation de services a été invariablement négatif pendant les deux décennies. On ne s'étonnera pas que le taux le plus élevé (3,7 %) ait été observé dans l'industrie tertiaire de 1971 à 1991. Dans le secteur public, le taux de variation a été négatif dans la première décennie[28], mais s'est élevé à +3,2 % dans la seconde. Enfin, dans l'industrie primaire, le taux d'accroissement a été de 2,6 % pour l'ensemble de la période.

5.5 Emploi dans la catégorie des travailleurs de la fabrication de biens

Dans les secteurs qui emploient le plus de travailleurs de la fabrication de biens, à savoir les industries primaire et secondaire, on a relevé en moyenne des taux de variation négatifs de 1971 à 1991. Les taux ont toutefois été positifs de 1971 à 1981 dans l'industrie secondaire. Il convient de noter que, en 1991, ce groupe de travailleurs représentait 73 % de tous les effectifs dans l'industrie primaire et 61 % dans l'industrie secondaire.

En revanche, dans l'industrie tertiaire et le secteur public où on emploie très peu de travailleurs de cette catégorie, les taux ont été positifs, mais bien moindres que les taux d'accroissement de l'emploi total pour l'ensemble de la période.

5.6 Analyse sommaire : croissance de l'emploi dans les secteurs à forte utilisation d'ordinateurs

Dans l'ensemble, les travailleurs de la fabrication de biens ont été moins en demande, alors que la catégorie des travailleurs du savoir était en croissance, bien que tenant une place fort modeste dans l'emploi total. À notre avis, ces tendances sont liées à l'évolution technologique en général et à l'informatisation en particulier.

Si on regarde les niveaux d'emploi par profession dans les secteurs de l'industrie, on voit que les catégories de travailleurs privilégiées varient selon les secteurs. D'abord, les travailleurs de la

[28] On doit interpréter les données avec une certaine prudence, car les catégories CTP 6116 (officiers des forces armées) et 6117 (autres gradés des forces armées) ne figuraient pas dans le recensement de 1981, mais se trouvaient incluses dans les recensements de 1971, 1986 et 1991, d'où une tendance négative artificielle en 1980.

fabrication de biens constituent toujours le principal contingent dans l'industrie secondaire et, en 1991, leur concentration demeurait particulièrement importante dans les secteurs manufacturiers à faible et à moyenne utilisation de technologie (69 % et 63 % respectivement). La proportion correspondante n'était que de 41 % dans le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie. Les travailleurs des biens sont aussi premiers en importance dans l'industrie primaire, où ils constituent 73 % de tous les effectifs.

Les travailleurs du traitement de données sont hautement concentrés dans l'industrie tertiaire (40 %) et le secteur public (50 %). On se rappellera enfin que, dans tous les secteurs, les travailleurs du savoir restent toujours en faible proportion (10 % dans le secteur public, 4 % dans l'industrie primaire et valeurs intermédiaires de 7 % et 8 % dans les industries secondaire et tertiaire).

6. Méthodologie et variables utilisées

De l'analyse de l'évolution de la structure de l'emploi à la section 5, il se dégage deux grandes tendances. Il y a d'abord un immense déplacement de travailleurs de l'industrie secondaire vers l'industrie tertiaire : l'économie canadienne suit la tendance générale des économies avancées à privilégier les services dans l'activité industrielle. Il y a ensuite une évolution qui favorise la main-d'œuvre hautement qualifiée – et plus particulièrement les travailleurs du savoir et de la gestion – au détriment des travailleurs de la fabrication de biens. Ces constatations et celles d'une étude antérieure (Lavoie et Roy, 1998) selon lesquelles cet infléchissement de l'emploi s'expliquerait principalement par un effet dominant de substitution, nous ont amenés à examiner le rôle de l'évolution technologique dans les transformations qui s'opèrent. Bien sûr, comme nous l'avons dit, l'évolution de la technologie est plus que l'évolution de l'informatique et l'univers de la technologie déborde très largement le cadre de l'informatisation. Toutefois, l'évolution technologique qui coïncide avec l'omniprésence croissante de l'ordinateur et l'amélioration considérable des rendements en informatique sur une période de quelques années demande que l'on examine la chose de plus près.

6.1 Méthodologie

Dans le présent document, nous analysons les effets de l'évolution technologique sur la structure des compétences. Plus précisément, il s'agit de mettre en corrélation la diffusion de l'informatique au niveau des industries et les parts de l'emploi qu'ont détenues les diverses catégories de travailleurs de 1971 à 1991. Dans les études spécialisées, on peut voir qu'il y a de nombreuses versions de la structure que nous utilisons[29]. Les plus fréquentes sont celles des parts de l'emploi et des parts des coûts. Si nous employons la première, c'est que, ainsi que l'ont dit Chennells et Van Reenen, bien que cette structure soit moins appropriée d'un point de vue théorique, elle offre nettement l'avantage d'une décomposition statistique des effets de la technologie en salaires relatifs et en emplois relatifs (Chennells et Van Reenen, 1998). La spécification économétrique retenue pour notre propos est tirée d'une fonction de coût variable.

[29] On peut trouver dans Chennells et Van Reenen (1998) une recension exhaustive des études utilisant la même structure, ainsi que des variantes.

À la différence de la plupart de ceux qui ont étudié la question, nous divisons l'emploi total en neuf catégories professionnelles afin d'appréhender la diversité des rapports entre ces catégories et l'utilisation d'ordinateurs. La taxinomie professionnelle est fondée sur les tâches accomplies par les travailleurs de ces catégories, c'est-à-dire les activités aussi bien de production et d'exploitation de données que de production et d'entretien de biens (Osberg, 1989)[30]. Si nous avons adopté cette orientation, c'est que nous avons supposé que les connaissances et les tâches que comportent les diverses professions sont trop hétérogènes pour que nous puissions répartir la main-d'œuvre en deux groupes, ceux de la main-d'œuvre qualifiée et de la main-d'œuvre non qualifiée. Ce qui distingue en outre au premier chef notre étude si nous la comparons aux travaux de Berman, Bound et Griliches (1993) entre autres, c'est que nous ne nous bornons pas à observer l'industrie secondaire, mais prenons les industries primaire, secondaire et tertiaire collectivement, comme nous l'avons expliqué, en excluant toutefois le secteur public.

Nous utilisons une fonction translogarithmique de prix de revient avec cinq facteurs variables – salaires des travailleurs du savoir, de la gestion, du traitement de données, de la prestation de services et de la fabrication de biens – et un facteur quasi fixe, celui du stock de capital.

$$(1) \quad \begin{aligned} \ln CV = {} & \alpha_0 + \Sigma_i \alpha_i \ln W_i + \tfrac{1}{2}\left[\Sigma_i \Sigma_j \gamma_{ij} \ln W_i \ln W_j\right] + \alpha_Y \ln Y + \alpha_K \ln K + \tfrac{1}{2}\left[\gamma_{YY}(\ln Y)^2 + \gamma_{KK}(\ln K)^2\right] \\ & + \Sigma_i \gamma_{iY} \ln W_i \ln Y + \Sigma_i \gamma_{iK} \ln W_i \ln K + \gamma_{YK} \ln Y \ln K \end{aligned}$$

L'indice inférieur $i = k, n, m, d, s, g$ se rapporte aux professions du savoir, de la gestion, du traitement de données, de la prestation de services et de la fabrication de biens. *Ln CV* est le logarithme des charges variables et *Ln* W_I, celui du salaire de la profession $i^{ième}$. Les termes *ln K* et *ln Y* sont respectivement les logarithmes du stock de capital et de la valeur ajoutée.

En appliquant le lemme de Shephard, nous tirons de l'équation (1) la part de l'emploi dans les professions. Nous posons la symétrie ($\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$) et l'homogénéité du degré 1 en prix.

$$\frac{\partial \ln CV}{\partial \ln Wi} = \frac{E_i(W_i, CV) * W_i}{CV} = P_i$$

[30] On trouvera dans Lavoie et Roy (1998) un exposé des raisons pour lesquelles on a élaboré le classement professionnel utilisé dans la présente étude. Rappelons brièvement que celui-ci repose sur les catégories de travailleurs de Wolff et Baumol, mais s'en écarte assez largement par une division plus fine de la catégorie des travailleurs du savoir.

$E_i(W_i,CV)$ représente l'emploi dans la profession *i* (dans une situation de minimisation des prix de revient) et P_i, la part de la masse salariale que détient la profession *i*.

Ainsi,

$$(2) \qquad P_i = \alpha_i + \gamma_{ii} \ln W_i + \Sigma_j \gamma_{ij} \ln W_j + \gamma_{iK} \ln K + \gamma_{iY} \ln Y + e_i, \quad i \neq j$$

Par des approximations appropriées[31], on peut récrire en parts d'emploi (3) l'équation de la masse salariale (2) :

$$(3) \qquad S_i = (E_i / E_t) = \delta_i + \rho_{ii} \ln W_i + \Sigma_j \rho_{ij} \ln W_j + \beta_{iK} \ln K + \beta_{iY} \ln Y + \mu_i, \quad i \neq j$$

où S_i est la part de l'emploi de la profession *i* et où E_i et E_t sont respectivement l'emploi dans la profession $i^{ième}$ et l'emploi total.

Comme $\Sigma_i S_i = 1$ et $\Sigma_i u_i = 0$ (la matrice de covariance est singulière), nous reparamétrisons l'équation en insérant par substitution la contrainte de prix ($\Sigma\rho_{ij}=0$) dans l'équation (3) pour la rendre opérationnelle.

$$(4) \qquad S_i = \delta_i + \rho_{ii} \ln\left[\frac{W_i}{W_z}\right] + \Sigma_j \rho_{ij} \ln\left[\frac{W_j}{W_z}\right] + \beta_{iK} \ln K + \beta_{iY} \ln Y + u_i, \quad i \neq j$$

où W_z figure comme résultat de la nouvelle paramétrisation et représente le salaire de la catégorie omise.

On ajoute la variable du degré d'investissement en informatique (C/I) et, si on accepte la restriction d'homogénéité de la structure de production ($\gamma_{iY} + \gamma_{iK} = 0$), on peut écrire :

$$(5) \qquad S_i = \delta_i + \rho_{ii} \ln\left[\frac{W_i}{W_z}\right] + \Sigma_j \rho_{ij} \ln\left[\frac{W_j}{W_z}\right] + \beta_{iT} \ln(C/I) + \beta_{iK} \ln(K/Y) + u_i$$

Si on laisse tomber l'équation des professions de prestation de services et qu'on se sert de *n* comme indice industriel, on se retrouve avec le système suivant d'équations :

Travailleurs de la gestion

$$(5.a) \qquad S_{m_n} = \delta_m + \rho_{mm} \ln\left[\frac{W_{m_n}}{W_{s_n}}\right] + \Sigma_j \rho_{mj} \ln\left[\frac{W_{j_n}}{W_{s_n}}\right] + \beta_{m\,tech} \ln(C/I)_n + \beta_{mK} \ln(K_n / Y_n) + u_{m_n}$$

[31] Voir une démonstration en bonne et due forme dans Klein (1953).

Travailleurs du savoir

$$(5.b) \quad S_{kn_n} = \delta_{kn} + \rho_{knkn} \ln\left[\frac{W_{kn_n}}{W_{s_n}}\right] + \Sigma_j \rho_{knj} \ln\left[\frac{W_{j_n}}{W_{s_n}}\right] + \beta_{kn\,tech} \ln(C/I)_n + \beta_{kn\,K} \ln(K_n/Y_n) + u_{kn_n}$$

Travailleurs du traitement de données

$$(5.c) \quad S_{d_n} = \delta_d + \rho_{dd} \ln\left[\frac{W_{d_n}}{W_{s_n}}\right] + \Sigma_j \rho_{dj} \ln\left[\frac{W_{j_n}}{W_{s_n}}\right] + \beta_{d\,tech} \ln(C/I)_n + \beta_{d\,K} \ln(K_n/Y_n) + u_{d_n}$$

Travailleurs de la fabrication de biens

$$(5.d) \quad S_{g_n} = \delta_g + \rho_{gg} \ln\left[\frac{W_{g_n}}{W_{s_n}}\right] + \Sigma_j \rho_{gj} \ln\left[\frac{W_{j_n}}{W_{s_n}}\right] + \beta_{g\,tech} \ln(C/I)_n + \beta_{g\,K} \ln(K_n/Y_n) + u_{g_n}$$

Un coefficient positif pour β_{itech} indique une complémentarité ou une évolution technologique avec effet d'utilisation de main-d'œuvre et un coefficient négatif, une substitution ou une évolution technologique avec effet d'économie de main-d'œuvre. On peut tirer du coefficient β_{ik} les mêmes conclusions au sujet des tendances complémentarité-substitution du capital par rapport à l'emploi. Il en va de même des coefficients ρ_{ii} et ρ_{ij} en ce qui concerne le niveau salarial relatif.

Comme il y a quatre périodes (1971, 1981, 1986 et 1991), les données sont groupées. Dans ces équations, on ajoute des variables fictives de secteur de l'industrie et de temps. Les premières permettent de tenir compte des effets fixes et les secondes, de l'évolution institutionnelle ou d'autres éléments indéterminés de changement.

6.2 Données et élaboration des variables

Les données de notre exposé ont été puisées à de nombreuses sources. Voici des explications à leur sujet :

6.2.1 Variable de l'emploi

Comme nous l'avons mentionné à propos de la méthodologie, les variables dépendantes sont les parts de l'emploi de cinq grandes catégories professionnelles et de quatre sous-catégories, à savoir celles du savoir (sciences pures et appliquées, génie, informatique et sciences sociales et humaines), de la gestion, du traitement de données, de la prestation de services et de la

fabrication de biens. On les mesure comme la part de l'emploi total par industrie que détient une catégorie professionnelle.

La structure professionnelle de l'emploi dans l'industrie est tirée des quatre recensements de 1971, 1981, 1986 et 1991. Les classements professionnels et industriels n'étaient pas comparables d'un recensement à l'autre, aussi a-t-il fallu les rapprocher[32]. Pour chaque recensement, nous avons regroupé 499 professions en neuf catégories et sous-catégories et 67 branches d'activité, en 30 industries[33].

6.2.2 Salaires relatifs

Alors que les auteurs de plusieurs études ont, à la suite de Berman, Bound et Griliches (1993), tenu pour acquis que les salaires relatifs ne variaient pas entre industries, nous avons adopté une orientation différente et inclus les salaires relatifs dans notre modèle. Les données salariales viennent des recensements de 1971, 1981, 1986 et 1991 et décrivent la rémunération annuelle moyenne des gens qui travaillent à plein temps toute l'année. On y trouve aussi les salaires des travailleurs indépendants ayant fait plus de 30 heures hebdomadaires pendant plus de 49 semaines.

Les salaires relatifs sont ceux des professions du savoir (sciences pures et appliquées, génie, informatique et sciences sociales et humaines), de la gestion, du traitement de données et de la fabrication de biens par rapport aux salaires des professions de la prestation de services. Comme on considère la catégorie des services comme relativement exogène en fait d'évolution technologique (à cause du caractère hautement «tacite» des professions qu'elle comprend), elle constitue un point de repère relativement intéressant pour la description salariale des autres catégories professionnelles.

6.2.3 Niveau de stock de capital

Comme nous l'avons exposé, la méthodologie définie à la dernière section fait appel au niveau ou au rapport de stock de capital comme variable explicative. Il existe un lien entre le capital et

---

[32] On n'a pas utilisé les mêmes classements professionnels et industriels dans les quatre recensements. Dans le recensement de 1971, le codage s'est fait en fonction du MCP 1970 et de la CTI 1970 et, dans celui de 1981, en fonction du MCP 1970 et de la CTP 1980. Dans les recensements de 1986 et 1991, on s'est servi de la CTP 1980 et de la CTI 1980. Nous avons procédé à des ajustements pour uniformiser toutes les matrices selon la CTP et la CTI de 1980. Nous nous sommes retrouvés avec le même ensemble de 499 professions et de 67 industries pour chaque recensement. On obtiendra des explications détaillées à ce sujet dans Lavoie et Roy (1998).

[33] On trouvera plus de détails en annexe sur la composition de nos catégories industrielles.

la technologie qui n'est pas linéaire à cause de la dépréciation du capital. L'intensité du capital est une variable explicative qui livre une approximation de la productivité de l'outillage. Il nous renseigne aussi indirectement sur l'état de la technologie, d'où son extrême utilité dans une analyse interindustrielle.

On a défini la variable du degré d'utilisation de capital comme le rapport stock de capital-valeur ajoutée. Si on a préféré la valeur ajoutée à la production, c'est que la première nous indique précisément ce qu'est la véritable production d'une industrie, les achats faits à d'autres branches d'activité (coût des matières) ayant été retranchés[34]. Nous nous reportons aux données sur le stock de capital en fin d'année et exprimons les variables en question en dollars constants de 1986 pour la période 1971-1991.

6.2.4 Degré d'utilisation d'ordinateurs

Un grand défi pour quiconque étudie ensemble l'évolution technologique, la transformation structurelle et la croissance économique est de pouvoir mesurer le changement technologique (OCDE, 1992, 1996; Chennells et Van Reenen, 1998). Comme nous l'avons dit, l'évolution technologique peut prendre bien des formes et produire d'importants effets avec des différences appréciables entre les professions, les industries et les entreprises, ce qui s'explique par l'immense diversité des sources d'innovation parmi les secteurs de l'industrie.

Pour notre propos, nous avons retenu le degré d'investissement en informatique comme variable de la technologie. Ce n'est pas dire que nous ramenons l'évolution technologique à la diffusion de l'informatique, mais que, vu l'omniprésence des technologies relevant de l'information, il est bon que nous en voyions les effets sur l'emploi. Il existe un certain nombre d'indicateurs types de l'évolution technologique qui mesurent d'autres facettes du mouvement d'innovation. Mentionnons brièvement la recherche-développement (R-D), qui est un indicateur de facteurs de production, les brevets, qui sont un indicateur d'utilisation intermédiaire, et les éléments

[34] C'est dans les publications n^{os} 15-201 et 15-202 au catalogue de Statistique Canada que nous prenons la valeur ajoutée (en dollars constants) définie comme la différence entre les valeurs de la production et de la consommation intermédiaire. Cette valeur n'est autre que le PIB au coût des facteurs. Les données sur le stock de capital proviennent de Statistique Canada qui, pour les établir, a joint la méthode de l'inventaire permanent à une méthode d'amortissement géométrique (publication n^{o} 13-568 au catalogue).

d'innovation, qui sont un indicateur de production. Tous présentent leurs avantages et leurs limites[35].

Idéalement, nous aurions voulu prendre l'investissement en parc d'ordinateurs, mais la piètre qualité des données sur le stock de capital informatique au Canada nous en a empêchés. Le problème tient surtout à un indice de la dépréciation qui ne représente pas vraiment la valeur réelle du parc d'ordinateurs (bien qu'on ait beaucoup travaillé sur la question ces derniers temps). Il est particulièrement difficile de trouver une juste représentation du coût réel des ordinateurs dans le temps par rapport à leur rendement[36].

En fait, ce qui nous intéresse dans cette étude, ce ne sont pas des données sur le degré de rendement des ordinateurs, mais de l'information sur leur diffusion. En d'autres termes, nous voulons savoir quelle part de l'emploi est liée à tel ou tel degré d'investissement en informatique indépendamment du rendement des ordinateurs dans une période (en dollars courants) et aussi voir comment la situation a évolué dans le temps. Les niveaux d'investissement en informatique nous permettent en même temps d'évaluer l'évolution du rapport ordinateurs-outillage, c'est-à-dire la montée de l'informatisation.

On a défini la variable du degré d'utilisation d'ordinateurs comme le quotient de l'investissement en informatique et de l'investissement en outillage. Nous devons tenir compte de ce que le calculateur de 1971 est complètement différent de l'ordinateur de 1991. Nous avons pris les catégories d'entrées-sorties 346 (1971-1986) et 359 (1986-1991), qui comprennent les ordinateurs proprement dits, c'est-à-dire le matériel informatique avec certains éléments logiciels. Il est plutôt difficile de délimiter en toute précision les types de logiciels visés par nos données, mais on peut dire en gros que les produits commerciaux intégrés au matériel

---

35 Il n'y a pas lieu ici d'examiner l'utilité de ces indicateurs, mais nous renvoyons ceux qui veulent mieux en connaître les limites et les possibilités à Freeman et Soete (1997).

36 Le problème est que le prix d'un ordinateur dans le temps ne peut constituer une bonne approximation de son rendement ni de son potentiel technologique. Cela tient en partie aux processeurs, qui varient sur le plan de la capacité de mémoire et de la rapidité d'exécution, ainsi qu'au matériel périphérique (Triplett, 1989; Cole et coll., 1986). L'indice hédonique peut aider à juger du coût réel d'un ordinateur compte tenu de son rendement et permet de comparer les investissements en informatique des années 1970 et 1990, mais il n'aurait pas convenu à notre étude, car nous ne voulions pas mesurer la productivité de ce matériel, mais plutôt mettre en correspondance un degré d'investissement et une part de l'emploi. Pour mieux comprendre dans le cas des ordinateurs le problème complexe de la déflation et de la dépréciation par suite du grand perfectionnement et de la baisse considérable des prix du matériel informatique (surtout à cause de la création de puces bon marché), on consultera Triplett (1989), Cole et coll. (1986), Jorgenson et Stiroh (1995) et Miller (1992).

informatique sont inclus par opposition aux logiciels spéciaux ou sur mesure. De 1971 à 1981, on n'a pas pris en compte l'investissement en informatique dans les tableaux d'entrées-sorties, aussi a-t-il fallu tirer des valeurs approximatives des chiffres des importations américaines, presque tout le matériel informatique étant importé[37].

Comme les données dont nous disposons sur l'emploi (variable dépendante) et les salaires sont celles des années de recensement, nous avons dû élaborer des variables des investissements moyens en informatique et en outillage en utilisant les années t-1 et t+1, le t en question désignant les années de recensement 1971, 1981, 1986 et 1991. Ainsi, nous pouvons éviter le problème de l'instabilité des investissements[38]. Qui plus est, comme la durée utile d'un ordinateur est d'environ quatre ans, le problème de stock de capital est moins important dans ce cas qu'il ne le serait pour d'autres produits.

Mentionnons enfin que, contrairement à l'appareil industriel américain où les entreprises abondent, les industries canadiennes comptent bien moins d'entreprises. Il y aurait plus d'instabilité dans le temps si une grande entreprise intégrée venait à disparaître.

---

[37] Les données sur les investissements respectifs en informatique et en outillage viennent de Statistique Canada, c'est-à-dire de la Division des entrées-sorties dans le premier cas et de la publication n° 61-205 au catalogue dans le second.

[38] Comme les séries de données sur l'investissement en informatique débutent en 1971, nous avons calculé à titre exceptionnel l'investissement moyen en informatique en base biennale, c'est-à-dire en combinant 1971 et 1972.

7. Dynamique des salaires et structure de l'emploi dans le contexte de l'évolution technologique

À la section précédente, nous avons présenté sommairement la méthodologie appliquée et décrit les données exploitées aux fins de notre étude. Dans la section qui suit, nous détaillerons et analyserons les résultats empiriques. Cette section se divise en trois parties livrant les éléments d'analyse des trois variables indépendantes de notre modèle, à savoir les salaires relatifs, le degré d'utilisation de capital et le degré d'investissement en informatique.

Nous présentons et analysons trois régressions[39]. Dans une première régression, nous estimons les niveaux d'investissement en informatique pour toute l'économie désagrégée dans le temps (1971, 1981, 1986 et 1991), ainsi que les niveaux capitalistiques. Dans une deuxième, nous désagrégeons dans le temps les effets des niveaux d'investissement en informatique sur l'emploi et des niveaux capitalistiques selon trois grands secteurs industriels, à savoir les industries primaire, secondaire et tertiaire. Dans une dernière régression, nous poussons un peu plus la désagrégation dans le cas de l'industrie secondaire en décomposant celle-ci dans le temps en secteurs manufacturiers à faible, moyenne et forte utilisation de technologie. On notera que l'effet des niveaux capitalistiques n'est pas désagrégé par an, car il se révèle des plus stables dans le temps.

Après cette section, nous excluons le secteur public de notre analyse pour deux grandes raisons. D'abord, la variable de l'investissement en informatique du secteur est une moyenne industrielle qui représente donc une observation unique pour toutes les parties de ce même secteur public. Ensuite, nous avons défini notre variable de l'utilisation de capital par rapport à la valeur ajoutée, dont la définition varie selon qu'il s'agit du secteur public ou privé (voir la note 18 en bas de page). Cette exclusion est fâcheuse puisque, pour les travailleurs du savoir en général et certaines de ses sous-catégories, le secteur public est le domaine naturel d'élection. Nous nous trouvons ainsi à perdre des données importantes.

---

[39] Comme nous avons décelé de l'hétéroscédasticité sous une forme multiplicative, nous avons pondéré l'équation par la racine carrée de la variance estimative du terme de perturbation. Pour dégager cette variance estimative, nous avons procédé à la régression de la forme quadratique des résidus sur les variables indépendantes en ajoutant la part industrielle dans l'ensemble de l'économie.

Tableau 2a
Effets de l'informatisation sur l'emploi : savoir et gestion

	SAVOIR						GESTION					
	(1)		(2)		(3)		(1)		(2)		(3)	
	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type
Var. fict. du temps	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Var. fict. des ind.	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Log(K/VA)	1,5061 **	(0,31)			0,7993 **	(0,25)	0,2412	(0,15)			0,0013	(0,15)
Log(K/VA)*Primaire			1,9830 **	(0,95)					1,9581 **	(0,70)		
Log(K/VA)*Secondaire			-0,2485	(0,33)					0,1090	(0,20)		
Log(K/VA)*Tertiaire			1,4974 **	(0,35)					-0,1595	(0,17)		
Log(Wk/Ws)	-0,7400	(0,81)	0,7207	(1,77)	-0,9028	(1,74)						
Log(Wm/Ws)	0,9688	(0,81)	-1,1380	(0,77)	-0,2128	(0,75)	-1,0911 **	(0,42)	-0,6154	(0,68)	-1,2444 *	(0,64)
Log(Wd/Ws)	-7,9637 **	(1,82)	-6,4367 **	(1,83)	-3,9816 **	(1,85)	1,8198 **	(0,72)	1,7803 *	(0,97)	2,3214 **	(0,87)
Log(Wg/Ws)	7,1701 **	(1,90)	3,6980 **	(1,45)	2,2540	(1,58)	0,8820	(0,79)	0,0339	(0,92)	0,3668	(0,89)
1971 et 1981												
Log(C/I)	1,1608 **	(0,25)					0,2448 **	(0,06)				
Log(C/I)*Primaire			2,7474 **	(0,52)	2,3633 **	(0,51)			-0,1484	(0,38)	-0,0982	(0,37)
Log(C/I)*Secondaire			0,0462	(0,24)					0,1629 *	(0,09)		
Log(C/I)*Faible techn.					0,0224	(0,37)					0,0668	(0,18)
Log(C/I)*Moyenne techn.					1,4823 **	(0,45)					0,3745 *	(0,20)
Log(C/I)*Forte techn.					0,2650	(0,28)					0,0124	(0,08)
Log(C/I)*Tertiaire			2,3832 **	(0,40)	2,2517 **	(0,42)			0,5576 **	(0,16)	0,6091 **	(0,16)
1986 et 1991												
Log(C/I)	2,5829 **	(0,43)					0,5433 **	(0,34)				
Log(C/I)*Primaire			3,6924 **	(0,62)	3,3320 **	(0,63)			0,3952	(0,49)	0,5214	(0,53)
Log(C/I)*Secondaire			1,0297 **	(0,39)					0,4546	(0,34)		
Log(C/I)*Faible techn.					0,9825 **	(0,44)					0,6031	(0,42)
Log(C/I)*Moyenne techn.					2,4764 **	(0,56)					0,8021	(0,50)
Log(C/I)*Forte techn.					0,8016	(0,69)					-0,6153	(0,66)
Log(C/I)*Tertiaire			3,6617 **	(0,65)	3,4979 **	(0,68)			0,6251 **	(0,31)	1,4048 **	(0,67)
R^2 pondéré (système)	0,9034		0,9449		0,9733		0,9034		0,9449		0,9733	
N^{bre} d'observations	116		116		116		116		116		116	

Notes : Les variables dépendantes sont les parts de l'emploi (x100) des professions du savoir, de la gestion, du traitement de données et de la fabrication de biens. On produit des coefficients par estimation SUR. Les erreurs-types sont en convergence hétéroscédastique. K, stock de capital; VA, valeur ajoutée; C, investissement en informatique; I, investissement en outillage; WK, rémunération moyenne du savoir; WM, rémunération moyenne de la gestion; WD, rémunération moyenne du traitement de données; WG, rémunération moyenne de la fabrication de biens; WS, rémunération moyenne de la prestation de services; Primaire, industrie primaire; Secondaire, industrie secondaire; Faible technologie, faible utilisation de technologie; Moyenne technologie, utilisation moyenne de technologie; Forte technologie, forte utilisation de technologie; Tertiaire, industrie tertiaire; *significatif au niveau de 10 %; **significatif au niveau de 5 %.

Tableau 2b

Effets de l'informatisation sur l'emploi : traitement de données et fabrication de biens

	TRAITEMENT DE DONNÉES						FABRICATION DE BIENS					
	(1)		(2)		(3)		(1)		(2)		(3)	
	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type
Var. fict. du temps	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Var. fict. des ind.	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Log(K/VA)	3,3895 **	(0,82)			0,6118	(0,60)	-4,8594 **	(1,15)			-0,9961	(0,71)
Log(K/VA)*Primaire			3,3342 *	(2,00)					-6,9138 **	(1,90)		
Log(K/VA)*Secondaire			-0,8580	(0,76)					0,6734	(0,79)		
Log(K/VA)*Tertiaire			2,7651	(7,81)					-4,1128	(6,78)		
Log(Wk/Ws)												
Log(Wm/Ws)												
Log(Wd/Ws)	-11,3772 **	(3,35)	-17,3753 **	(3,40)	-14,6530 **	(2,87)						
Log(Wg/Ws)	22,0652 **	(4,16)	20,0028 **	(3,05)	15,3073 **	(2,80)	-37,4635 **	(8,11)	-16,7953 **	(4,53)	-14,7764 **	(4,63)
1971 et 1981												
Log(C/I)	3,8560 **	(0,65)					-6,4636 **	(1,20)				
Log(C/I)*Primaire			0,9479	(1,39)	1,0359	(1,02)			-5,8723 **	(1,40)	-5,1706 **	(1,32)
Log(C/I)*Secondaire			1,4800 **	(0,56)					-1,1694	(0,72)		
Log(C/I)*Faible techn.					1,9754 **	(0,70)					-1,5653	(1,08)
Log(C/I)*Moyenne techn.					6,3424 **	(0,90)					-6,0435 **	(1,55)
Log(C/I)*Forte techn.					0,2733	(0,58)					-0,3711	(0,90)
Log(C/I)*Tertiaire			7,0337 **	(3,44)	6,1133 **	(2,85)			-4,7648	(3,34)	-4,5377	(3,11)
1986 et 1991												
Log(C/I)	5,6372 **	(0,95)					-10,0250 **	(1,43)				
Log(C/I)*Primaire			1,6347	(1,58)	1,4049	(1,17)			-7,5958 **	(1,66)	-6,5966 **	(1,62)
Log(C/I)*Secondaire			2,4449 **	(0,82)					-3,1102 **	(0,90)		
Log(C/I)*Faible techn.					2,1995 **	(0,79)					-2,8332 **	(1,03)
Log(C/I)*Moyenne techn.					7,1580 **	(1,01)					-7,3799 **	(1,62)
Log(C/I)*Forte techn.					-0,1336	(1,33)					0,1856	(1,74)
Log(C/I)*Tertiaire			8,8204 *	(4,68)	7,5398 *	(3,91)			-7,6779 *	(4,27)	-6,8249 *	(4,09)
R^2 pondéré (système)	0,9034		0,9449		0,9733		0,9034		0,9449		0,9733	
N[ore] d'observations	116		116		116		116		116		116	

Notes : Les variables dépendantes sont les parts de l'emploi (x100) des professions du savoir, de la gestion, du traitement de données et de la fabrication de biens. On produit des coefficients par estimation SUR. Les erreurs-types sont en convergence hétéroscédastique. K, stock de capital; VA, valeur ajoutée; C, investissement en informatique; I, investissement en outillage; WK, rémunération moyenne du savoir; WM, rémunération moyenne de la gestion; WD, rémunération moyenne du traitement de données; WG, rémunération moyenne de la fabrication de biens; WS, rémunération moyenne de la prestation de services; Primaire, industrie primaire; Secondaire, industrie secondaire; Faible technologie, faible utilisation de technologie; Moyenne technologie, utilisation moyenne de technologie; Forte technologie, forte utilisation de technologie; Tertiaire, industrie tertiaire; *significatif au niveau de 10 %; **significatif au niveau de 5 %.

Tableau 2c

Effets de l'informatisation sur l'emploi : sciences et technologie

	SCIENCES						TECHNOLOGIE					
	(1)		(2)		(3)		(1)		(2)		(3)	
	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type
Var. fict. du temps	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Var. fict. des ind.	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Log(K/VA)	0,2045 **	(0,08)			0,0632	(0,07)	1,1773 **	(0,17)			0,9912 **	(0,17)
Log(K/VA)*Primaire			-0,7820 **	(0,25)					1,8423 **	(0,61)		
Log(K/VA)*Secondaire			0,3505 **	(0,10)					0,8716 **	(0,25)		
Log(K/VA)*Tertiaire			-0,0554	(0,08)					0,8916 **	(0,26)		
Log(Wsc/Ws)	1,1875	(0,78)	0,3122	(0,26)	0,3114	(0,27)						
Log(Wen/Ws)	-1,0743 **	(0,36)	-0,1297	(0,36)	0,0007	(0,39)	0,8689	(0,95)	-0,3036	(0,96)	-0,9890	(1,00)
Log(Wcp/Ws)	-0,1625	(0,12)	0,5500 **	(0,17)	0,5731 **	(0,18)	0,0911	(0,35)	-0,3106	(0,37)	-0,5706	(0,38)
Log(Wsh/Ws)	0,4663	(0,35)	0,0816	(0,29)	0,2027	(0,32)	-0,8663	(0,64)	-0,5229	(0,62)	-0,3799	(0,63)
Log(Wm/Ws)	0,1756	(0,29)	-0,7398 **	(0,30)	-0,6085 *	(0,32)	1,2461	(0,92)	1,3621	(0,95)	1,3651	(0,93)
Log(Wd/Ws)	-1,1746	(0,75)	-0,5224	(0,59)	-0,8148	(0,61)	-1,7919	(1,33)	-1,1404	(1,60)	0,1748	(1,61)
Log(Wg/Ws)	1,5847	(0,97)	0,2684	(0,51)	0,7209	(0,54)	2,0539	(1,33)	-0,0833	(1,37)	-0,5712	(1,35)
1971 et 1981												
Log(C/I)	0,1229	(0,08)					0,3781 **	(0,17)				
Log(C/I)*Primaire			1,1509 **	(0,18)	1,1779 **	(0,19)			0,8532	(0,53)	0,6898	(0,49)
Log(C/I)*Secondaire			-0,0131	(0,06)					0,0937	(0,19)		
Log(C/I)*Faible techn.					0,0232	(0,12)					-0,1781	(0,33)
Log(C/I)*Moyenne techn.					-0,0378	(0,11)					0,8077 **	(0,32)
Log(C/I)*Forte techn.					-0,1946 **	(0,07)					0,0130	(0,21)
Log(C/I)*Tertiaire			0,1340	(0,10)	0,1561	(0,11)			-0,1071	(0,33)	-0,2957	(0,33)
1986 et 1991												
Log(C/I)	0,2033	(0,19)					0,9673 **	(0,22)				
Log(C/I)*Primaire			1,2194 **	(0,21)	1,1241 **	(0,22)			1,2312 **	(0,61)	1,0962 *	(0,58)
Log(C/I)*Secondaire			0,1603	(0,11)					0,7648 **	(0,26)		
Log(C/I)*Faible techn.					0,0754	(0,14)					0,4344	(0,30)
Log(C/I)*Moyenne techn.					0,0220	(0,15)					1,3138 **	(0,34)
Log(C/I)*Forte techn.					-0,3623 *	(0,19)					0,9064 *	(0,46)
Log(C/I)*Tertiaire			0,3765 **	(0,19)	0,2255	(0,21)			0,8708 *	(0,50)	0,5718	(0,52)
R^2 pondéré (système)	0,7843		0,8815		0,9099		0,7843		0,8815		0,9099	
N[bre] d'observations	116		116		116		116		116		116	

Notes : Les variables dépendantes sont les parts de l'emploi (x100) des professions des sciences pures et appliquées, du génie, de l'informatique et des sciences sociales et humaines. On produit des coefficients par estimation SUR. Les erreurs-types sont en convergence hétéroscédastique. K, stock de capital; VA, valeur ajoutée; C, investissement en informatique; I, investissement en outillage; Wsc, rémunération moyenne des sciences pures et appliquées; Wen, rémunération moyenne du génie; Wcp, rémunération moyenne de l'informatique; Wsh, rémunération moyenne des sciences sociales et humaines; Ws, rémunération moyenne de la prestation de services; Primaire, industrie primaire; Secondaire, industrie secondaire; Faible technologie, faible utilisation de technologie; Moyenne technologie, utilisation moyenne de technologie; Forte technologie, forte utilisation de technologie; Tertiaire, industrie tertiaire; *significatif au niveau de 10%; **significatif au niveau de 5 %.

Tableau 2d

Effets de l'informatisation sur l'emploi : informatique et sciences sociales et humaines

	INFORMATIQUE						SCIENCES SOCIALES ET HUMAINES					
	(1)		(2)		(3)		(1)		(2)		(3)	
	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type	Coeff.	Err.-type
Var. fict. du temps	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Var. fict. des ind.	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Log(K/VA)	0,3409 **	(0,06)			0,1875 **	(0,06)	-0,0235	(0,25)			-0,6475 **	(0,25)
Log(K/VA)*Primaire			0,4244 **	(0,18)					0,6609	(0,64)		
Log(K/VA)*Secondaire			0,0966	(0,08)					-1,2374 **	(0,30)		
Log(K/VA)*Tertiaire			0,2414 **	(0,08)					-0,2317	(0,47)		
Log(Wsc/Ws)												
Log(Wen/Ws)												
Log(Wcp/Ws)	0,1364	(0,17)	-0,1967	(0,29)	-0,1856	(0,31)						
Log(Wsh/Ws)	-0,2631	(0,28)	-0,0371	(0,26)	-0,0579	(0,27)	1,9425	(1,25)	1,4954	(1,08)	0,7777	(1,09)
Log(Wm/Ws)	-0,0672	(0,25)	0,4559 *	(0,26)	0,4166	(0,26)	-2,0250	(1,28)	-3,5609 **	(1,32)	-3,4760 **	(1,37)
Log(Wd/Ws)	-0,4295	(0,43)	-0,9670 *	(0,55)	-0,5185	(0,56)	-1,2984	(1,80)	-2,5197	(2,19)	-1,2545	(2,17)
Log(Wg/Ws)	0,3167	(0,40)	-0,2373	(0,43)	-0,4263	(0,43)	2,3654	(1,97)	3,2172	(1,95)	2,4938	(2,03)
1971 et 1981												
Log(C/I)	0,1480 **	(0,04)					0,0116	(0,12)				
Log(C/I)*Primaire			0,1256	(0,14)	0,1206	(0,14)			1,2722 **	(0,54)	0,9675 *	(0,53)
Log(C/I)*Secondaire			0,0381	(0,05)					0,0266	(0,12)		
Log(C/I)*Faible techn.					-0,0616	(0,10)					-0,2553	(0,49)
Log(C/I)*Moyenne techn.					0,0931	(0,10)					-0,0217	(0,49)
Log(C/I)*Forte techn.					0,1042 *	(0,06)					0,1615	(0,13)
Log(C/I)*Tertiaire			0,1594 *	(0,09)	0,1345	(0,09)			1,6447 **	(0,67)	2,1159 **	(0,74)
1986 et 1991												
Log(C/I)	0,4126 **	(0,09)					1,2643 **	(0,34)				
Log(C/I)*Primaire			0,3479 **	(0,17)	0,3923 **	(0,17)			1,5437 **	(0,65)	1,5362 **	(0,65)
Log(C/I)*Secondaire			0,3519 **	(0,09)					0,1466	(0,37)		
Log(C/I)*Faible techn.					0,2910 **	(0,11)					0,3264	(0,50)
Log(C/I)*Moyenne techn.					0,4731 **	(0,12)					0,4159	(0,57)
Log(C/I)*Forte techn.					0,5216 **	(0,15)					0,5808	(0,72)
Log(C/I)*Tertiaire			0,5344 **	(0,16)	0,5690 **	(0,16)			1,5699 *	(0,82)	2,6802 **	(1,03)
R^2 pondéré (système)	0,7843		0,8815		0,9099		0,7843		0,8815		0,9099	
N^{bre} d'observations	116		116		116		116		116		116	

Notes : Les variables dépendantes sont les parts de l'emploi (x100) des professions des sciences pures et appliquées, du génie, de l'informatique et des sciences sociales et humaines. On produit des coefficients par estimation SUR. Les erreurs-types sont en convergence hétéroscédastique. K, stock de capital; VA, valeur ajoutée; C, investissement en informatique; I, investissement en outillage; Wsc, rémunération moyenne des sciences pures et appliquées; Wen, rémunération moyenne du génie; Wcp, rémunération moyenne de l'informatique; Wsh, rémunération moyenne des sciences sociales et humaines; Ws, rémunération moyenne de la prestation de services; Primaire, industrie primaire; Secondaire, industrie secondaire; Faible technologie, faible utilisation de technologie; Moyenne technologie, utilisation moyenne de technologie; Forte technologie, forte utilisaüon de technologie; Tertiaire, industrie tertiaire; *significatif au niveau de 10%; **significatif au niveau de 5 %.

En théorie, la croissance de l'emploi et les niveaux salariaux sont reliés. Le modèle d'une économie où les salaires sont déterminés par un marché plus ou moins souple est des plus habituels. Toutefois, le grand problème dans le phénomène de l'adaptation pourrait ne pas être celui des rigidités de prix (Freeman, 1992, 186). Bien que les salaires contribuent à une adaptation, surtout comme ici en réaction à un choc technologique, nous ne devons pas minimiser les problèmes d'adaptation des compétences et du stock de capital à l'adoption de nouvelles technologies (Freeman, 1992, 186). Ainsi, si une catégorie de travailleurs devient rare après ou même avant l'implantation de nouvelles technologies, nous devons nous attendre à ce que les employeurs rivalisent pour l'obtention de cette main-d'œuvre fort en demande, et il y aura donc des pressions à la hausse sur les salaires. La constatation inverse vaut également, car dans un contexte de chômage important des mêmes travailleurs hautement qualifiés par exemple, des pressions à la baisse s'exerceront sur ces mêmes salaires. Dans cette section, nous montrerons, d'après nos constatations, le rôle de l'interaction salaire-emploi en relation avec l'évolution technologique.

En général, nous pouvons voir que l'inclusion des salaires relatifs dans le modèle ne fait ressortir aucun changement fondamental du rapport entre une catégorie de travailleurs et le degré d'investissement en informatique[40, 41].

Il est bon d'examiner le rôle des salaires relatifs dans certaines professions, mais l'analyse est complexe à cause du nombre de catégories professionnelles visées par la présente étude, alors que les autres études portent généralement sur deux catégories de travailleurs au plus (main-d'œuvre qualifiée et main-d'œuvre non qualifiée). Comme première observation d'intérêt, il y a

---

[40] Nous avons effectué des régressions sans les salaires relatifs (chiffres non présentés ici). Les valeurs et les tendances des coefficients de l'investissement en informatique sont demeurées les mêmes.

[41] On pouvait soupçonner l'existence d'un biais de simultanéité dans notre variable des «salaires relatifs». Pour vérifier l'hypothèse de l'endogénéité de cette variable, nous avons recouru à un test de Hausman par «variables omises». Cette technique des variables instrumentales exige de bonnes variables difficiles à trouver. Nous avons toutefois choisi deux séries de salaires comme variables instrumentales pour en venir à rejeter l'hypothèse de l'endogénéité de la variable des salaires relatifs. Les séries salariales de substitution intéressent les professions suivantes : *comptables, vérificateurs et autres agents financiers* (CTP 1171) et *architectes, ingénieurs et urbanistes* (CTP 214-215) pour la catégorie du savoir, *gestionnaires de la production* (CTP 1143) et *autres gestionnaires et administrateurs* (CTP 113-114) pour la catégorie de la gestion, *teneurs de livres et commis-comptables* (CTP 4131) et *sténographes et dactylos* (CTP 411) pour la catégorie du traitement de données, *gardiens et agents de sécurité* (CTP 6115) et *autres agents de services* (CTP 619) pour la catégorie de la prestation de services et *mécaniciens et réparateurs de machines dans l'industrie, l'agriculture et la construction* (CTP 8584) et *manutentionnaires et travailleurs assimilés* (CTP 931) pour la catégorie de la fabrication de biens.

le fait que, pour toutes les catégories professionnelles (traitement de données, gestion et fabrication de biens) où il y a augmentation relative des salaires, il y a aussi diminution des parts de l'emploi, la seule exception étant la catégorie des travailleurs du savoir où l'effet salarial n'est pas significatif. On devrait s'efforcer davantage de comprendre ce qui distingue le mécanisme d'adaptation salariale des travailleurs du savoir de ceux des autres catégories de travailleurs.

Il y a divers autres résultats dignes de mention si nous regardons plus précisément l'effet des salaires relatifs sur les parts respectives de l'emploi des catégories de travailleurs. Il faut toutefois interpréter ces résultats avec prudence, car il n'y a pas là de rapport direct de causalité. En ce qui concerne d'abord le rôle des salaires relatifs en traitement de données par rapport à la part de l'emploi des travailleurs du savoir, nous constatons que, lorsque les premiers augmentent de 1 %, la part de l'emploi diminue[42]. On découvre aussi avec intérêt que, en cas d'augmentation de 1 % des salaires relatifs en fabrication de biens, le contraire se produit pour les parts de l'emploi des travailleurs du savoir et du traitement de données. Mentionnons enfin qu'un accroissement des salaires relatifs des travailleurs du traitement de données s'accompagne d'une hausse de la part de l'emploi des travailleurs de la gestion.

[42] L'analyse de l'incidence des salaires relatifs sur la structure de l'emploi, comme nous la faisons dans cette section, n'implique pas de rapport de causalité entre les salaires relatifs d'une catégorie de travailleurs et la part de l'emploi d'une autre catégorie. Les faits que nous présentons peuvent être attribuables à une multitude d'autres variables et n'indiquent pas simplement un rapport de substitution entre deux catégories professionnelles.

8. Complémentarité du capital et des compétences

Nous supposons aussi que le degré d'utilisation de capital sera complémentaire par rapport au degré d'utilisation de certaines compétences, ce qui pourrait donc expliquer en partie l'évolution de la composition de l'emploi. À l'échelle intersectorielle, la mesure des niveaux capitalistiques nous renseigne davantage sur le rôle de l'ordinateur et rend compte de certaines caractéristiques technologiques de la production (Colecchia et Papaconstantinou, 1996). En fait, il est bon de cerner les différences entre les industries sous l'angle des procédés de production.

8.1 Tendances des niveaux capitalistiques dans le temps à l'échelle interprofessionnelle et intersectorielle

D'abord, on aurait intérêt à mieux comprendre la dynamique de l'interaction des niveaux capitalistiques mesurés par le rapport capital-valeur ajoutée (K/VA) et de la technologie au niveau sectoriel. Nous nous demanderons si l'utilisation relative de travailleurs du savoir, de la gestion et du traitement de données augmente à mesure que s'élève l'intensité du capital et si l'utilisation relative de travailleurs de la fabrication de biens diminue, elle? En d'autres termes, un degré d'utilisation de capital matériel en progression est-il complémentaire par rapport au degré d'utilisation de capital humain (main-d'œuvre hautement qualifiée)?

Aux tableaux 2a, b, c et d sous l'estimation 1, on peut voir que, pour toutes les catégories professionnelles, le lien avec le capital matériel est stable dans le temps (chiffres non présentés dans ces tableaux) contrairement au lien avec le capital informatique, qui diffère d'année en année. Mentionnons en outre que, indépendamment de la désagrégation industrielle, c'est dans la catégorie professionnelle du traitement de données, suivie à cet égard de la catégorie du savoir, que le capital est le plus complémentaire. Il n'y a pas de rapport entre les travailleurs de la gestion et le capital matériel, aussi l'augmentation rapide du nombre de ces travailleurs ne saurait-elle être rapportée à ce capital. On notera aussi avec intérêt, mais sans surprise, l'étroit lien de substitution entre les travailleurs des biens et le capital[43].

[43] Comme le capital comprend l'outillage ancien comme nouveau, le matériel informatique figurerait au numérateur de la variable des niveaux capitalistiques.

Si nous décomposons la catégorie professionnelle du savoir en quatre sous-catégories (sciences (pures et appliquées), génie, informatique et sciences sociales et humaines), nous relevons des différences de complémentarité capital-compétences, ainsi que d'importance de cette complémentarité. Disons en premier lieu que, dans le cas des sciences sociales et humaines, on n'observe aucune complémentarité. En second lieu, on notera que, dans le cas de toutes les autres sous-catégories, il existe un rapport avec le capital qui est significatif, mais d'une importance variable. Les liens de complémentarité sont les plus étroits avec la sous-catégorie du génie, suivie à cet égard de la sous-catégorie de l'informatique, puis de celle des sciences pures et appliquées.

Les comparaisons interindustrielles qui figurent sous l'estimation 2 révèlent des rapports différents entre les catégories de travailleurs et le capital. Ainsi, on peut voir que le rapport de substitution entre capital et travailleurs de la fabrication de biens existe bel et bien dans l'industrie primaire, mais on s'étonnera de ne pas le retrouver dans l'industrie secondaire. Il y a aussi une forte complémentarité capital-compétences dans le cas des travailleurs de la gestion de l'industrie primaire. Si nous décomposons nos résultats selon les diverses industries, le grand rapport de complémentarité relevé entre les travailleurs du traitement de données et le capital dans l'économie tout entière n'est plus significatif dans les industries secondaire et tertiaire, mais le demeure dans l'industrie primaire au niveau de 10 % environ. Enfin, une complémentarité travailleurs du savoir-capital subsiste dans les industries primaire et tertiaire.

Si nous examinons les sous-catégories du savoir par secteur de l'industrie, c'est dans l'industrie secondaire que nous découvrons une complémentarité savoir-capital pour les sciences pures et appliquées, alors que dans l'industrie primaire, il s'agit d'un rapport de substitution. Dans l'industrie tertiaire, il y a complémentarité pour l'informatique et ce lien est encore plus étroit dans le cas du génie. Nous voyons en fait une forte complémentarité entre les compétences en génie et le capital matériel dans tous les secteurs de l'industrie. Enfin, on notera avec un intérêt tout particulier que, en sciences sociales et humaines, il n'y a pas de rapport entre le capital et les compétences dans les industries primaire et tertiaire, mais qu'il existe un rapport de substitution dans l'industrie secondaire.

8.2 Une explication satisfaisante de l'évolution en hausse de l'emploi

Pouvons-nous attribuer la progression observée vers le savoir, la gestion et, dans une moindre mesure, le traitement de données – comme nous l'avons décrit à la section 4 – à une montée des niveaux capitalistiques? De prime abord, comme le degré d'utilisation de capital ne s'est pas élevé d'une manière appréciable de 1971 à 1991, cela pourrait sembler une explication peu vraisemblable d'une telle évolution importante en hausse (Wood, 1994, 80; Goldin et Katz, 1998, 709). À vrai dire, le point intéressant soulevé ici est que, si l'effet du degré d'utilisation de capital n'a pas été différent de celui du degré d'utilisation d'ordinateurs en 1971 et 1981, le lien avec l'investissement informatique a été le plus étroit des deux en 1986 et 1991. Ainsi, dans ces dernières années, on peut clairement observer un effet plus prédominant de l'investissement en informatique qu'en 1971 et en 1981. Nous examinerons plus en détail l'évolution de l'incidence de l'informatique à la section suivante.

En intégrant à notre modèle une variable des niveaux capitalistiques, nous avons pu estimer avec plus de précision le rapport entre le degré d'utilisation d'ordinateurs et les catégories de compétences par secteur de l'industrie. Nous présenterons maintenant les grands résultats de l'application du modèle, c'est-à-dire les valeurs d'incidence de l'investissement en informatique sur la structure de l'emploi.

9. Aperçu des tendances de l'investissement en informatique

Depuis le début des années 1970, il y a eu une large diffusion des ordinateurs dans les ménages et les entreprises[44]. Comme nous l'avons mentionné, la création des technologies informatiques et la baisse du prix des ordinateurs ont permis cette extraordinaire propagation de l'informatique. Toutefois, le rôle de l'ordinateur demeure extrêmement irrégulier à l'échelle interprofessionnelle, et son incidence varie considérablement selon les industries.

Pour mieux comprendre la dynamique du rôle de l'ordinateur dans un emploi, il nous faut d'abord discerner la configuration d'un poste, l'architecture des tâches qu'il comporte. Dans un emploi, il y a foncièrement deux catégories d'activités, à savoir les activités de base et les activités complémentaires. On peut aussi le caractériser en parlant de dosage de tâches tacites et codifiées. Les diverses combinaisons de tâches tacites et codifiées et d'activités de base et complémentaires font que l'ordinateur a des effets qui varient selon les emplois, et ce, en fonction de ces dosages. Tantôt l'ordinateur pourra entièrement se substituer à un travailleur si les activités de base de celui-ci sont entièrement routinières et donc codifiables – c'est peut-être le sort qu'a connu le commis-dactylo dans la catégorie du traitement de données – et tantôt il n'aura aucun effet si les tâches de base et les tâches complémentaires sont toutes tacites. On peut voir ce phénomène, par exemple, chez les travailleurs de la prestation de services. Il est en effet difficile de voir un ordinateur faire le travail d'un coiffeur[45]. Ce n'est pas dire que la substitution sera toujours impossible, une vive évolution s'opérant entre tâches tacites et tâches codifiées, mais avant que l'ordinateur ne puisse même appuyer un coiffeur dans ses tâches, il faudra y mettre le temps. Entre ces deux extrêmes, il y a toute la gamme des possibilités selon l'importance relative des tâches tacites et codifiées dans leurs combinaisons.

Ainsi, l'ordinateur peut diminuer la complexité des calculs que doit faire un scientifique à titre d'activité complémentaire. Il peut aussi accélérer les opérations de calcul. La complexité des activités de base peut s'en trouver accrue, ce qui fait faire à la démarche de recherche un pas en

[44] Les micro-ordinateurs sont pris en compte dans les données de 1982 sur l'investissement en informatique (Miller, 1992, 95).

[45] Comme l'ont dit Autor, Katz et Krueger (1997, 14) au sujet de l'économie américaine – qui ne devrait pas être trop différente de l'économie canadienne –, l'utilisation de l'ordinateur est devenue tout à fait prédominante dans des industries comme celles des services juridiques, des produits laitiers, de la publicité et de l'administration publique, tout en demeurant relativement rare (ce qui n'a rien d'étonnant) dans l'exploitation forestière, les services de taxi, les salons de beauté et les salles de quilles.

avant de sorte que la faculté de jugement essentielle aux activités de base dans tout ce qui est analyse et interprétation de ces calculs complexes peut gagner encore plus en importance. Cela a pour effet de diminuer la productivité d'un scientifique et donc d'accroître le taux d'emploi de cette catégorie de travailleurs[46]. Si le rôle de l'ordinateur est accessoire dans cet exemple, il peut à la fin changer le nombre de scientifiques dont on a besoin pour faire un travail, car il contribue à conférer une complexité considérable à la démarche de recherche et fait reculer les frontières du savoir.

En nous appuyant sur les conclusions d'études antérieures, nous formons comme grande hypothèse dans le présent document que les compétences de la main-d'œuvre hautement qualifiée sont complémentaires à la technologie informatique, ce qui expliquerait dans une certaine mesure l'importante progression qui, sur le marché du travail, favorise ces travailleurs. Nous ferons un pas de plus dans notre investigation en analysant nos résultats à la lumière de ce que nous avons dit. Dans notre classement professionnel, la main-d'œuvre hautement qualifiée comprend les travailleurs du savoir, du traitement de données et de la gestion. Nous supposons que ceux-ci exécutent des tâches différentes, c'est-à-dire qui présentent des caractéristiques tout à fait distinctes. C'est pourquoi nous supposons que l'importance des effets de l'informatique variera selon les catégories professionnelles. Pour juger des rapports de complémentarité et de substitution entre l'ordinateur et les tâches, nous dresserons un tableau comparatif des catégories professionnelles dans le temps et entre les industries.

9.1 Complémentarité et substitution au niveau global

Aux tableaux 2a, b, c et d sous l'estimation (1) (c'est-à-dire indépendamment des secteurs de l'industrie), on peut clairement voir qu'il existe une complémentarité croissante entre le degré d'utilisation d'ordinateurs et les catégories professionnelles du savoir, du traitement de données et de la gestion. C'est toutefois dans la catégorie du traitement de données que le rapport de complémentarité est le plus étroit de 1971 à 1991, ce qui n'a rien d'étonnant puisque, en général, les activités de base des travailleurs en question consistent à stocker et à extraire de

[46] L'exemple de la «Banque Tammany» que donnent Levy et Munrane (1996) est très révélateur de cette dynamique. Ces auteurs distinguent foncièrement deux types de tâches, à savoir les tâches routinières et les tâches d'exception, qui correspondent essentiellement à nos tâches codifiables et tacites. Dans la seconde catégorie, ils rangent les activités qui font appel au jugement et ne sont pas codifiables et qui, de la sorte, en viennent à tenir une grande place dans le travail qui se fait.

l'information. Voilà une constatation intéressante, car cette catégorie n'a pas augmenté aussi rapidement que la catégorie du savoir, comme nous l'avons exposé à la section 5.

En revanche, entre les travailleurs de la fabrication de biens et les ordinateurs, il y a un rapport de substitution qui s'est nettement renforcé pendant les deux décennies étudiées, et ce, dans une certaine mesure en raison de l'importance des logiciels de systèmes experts qui se sont substitués à ces travailleurs dans l'exécution de leurs travaux routiniers[47]. Selon Berman, Bound et Griliches, ces technologies informatiques devraient sans doute produire un effet d'économie de main-d'œuvre de production plutôt que d'utilisation de ces travailleurs (Berman, Bound et Griliches, 1993). Ajoutons que, faisant référence à Bylinsky, Baldwin et coll. qualifient ces nouveaux procédés de fabrication de «fabrication douce» par opposition aux procédés manufacturiers classiques. Cela signifie essentiellement «que les logiciels et les réseaux informatiques y ont autant d'importance que la machinerie de production» (Baldwin, Gray et Johnson, 1997).

Dans les sous-catégories du savoir, seuls les informaticiens et les ingénieurs ont un rapport de complémentarité avec les ordinateurs dans la première décennie et, dans la seconde, le lien de complémentarité le plus étroit est avec les spécialistes des sciences sociales et humaines, suivis des ingénieurs et des informaticiens.

Le cadre conceptuel que nous avons élaboré pourrait aider à interpréter nos résultats. Ainsi, nous pourrions mieux expliquer les différences entre les catégories professionnelles du traitement de données et de la fabrication de biens. Les tâches de base d'un travailleur des biens se caractérisent par leur codifiabilité, d'où le haut degré de remplacement de cette main-d'œuvre par les ordinateurs (dans ce cas, ce sont probablement les logiciels de systèmes experts qui jouent comme facteur). Comparons les tâches de fabrication de biens aux tâches de secrétariat, ce dernier faisant partie de la catégorie du traitement de données. Si les travailleurs manuels et les secrétaires ont des activités de base codifiables les uns et les autres, le secrétariat comprend aussi bien des activités de base à tâches multiples que des activités complémentaires «tacites» (les secrétaires doivent traiter avec les gens et user de jugement dans ces rapports). En revanche, les

[47] Il est également fort probable que l'investissement en informatique (il s'agit essentiellement des logiciels et du matériel informatique) soit aussi hautement complémentaire par rapport à d'autres types de matériel, ce qui donne ce régime d'association entre les travailleurs des biens et le degré d'utilisation d'ordinateurs.

travailleurs manuels ont en général des activités de base spécialisées et des tâches complémentaires minimales. Ainsi, si une secrétaire est remplacée par l'ordinateur dans ses activités de base, le contenu de ses tâches se transformera : il y aura, par exemple, moins de dactylographie et plus de correction d'épreuves (comme les ordinateurs sont répandus, les gens qui rédigent des rapports ou d'autres documents dactylographient eux-mêmes leurs textes). En d'autres termes, si la secrétaire peut délaisser une activité de base pour en trouver une autre et même passer d'une activité de base à une activité complémentaire, le travailleur des biens peut ne pas avoir la même possibilité à cause du caractère étroitement spécialisé de ses compétences.

9.2 Complémentarité de la technologie informatique et des compétences : tendances interprofessionnelles et intersectorielles

Certains avaient prédit dans le débat de l'automation des années 1950 que l'informatisation mènerait inévitablement à un chômage généralisé, mais quelque chose de plus complexe se produit sur le marché du travail actuel par suite de la diffusion des technologies de l'information et des communications en général et de la technologie informatique en particulier. Les ordinateurs et le matériel informatisé ont plutôt éliminé les professions comportant un effort physique pour les remplacer par des professions qui sont plus tributaires de l'activité mentale. Cette évolution de la structure des compétences s'est accompagnée d'une transformation de l'archétype de l'entreprise qui, naguère «organisme qui produit», devient «organisme qui pense» (Kodama, 1991).

On relève cependant des variations amples et convergentes entre les secteurs de l'industrie pour ce qui est des sources et des tendances de l'accumulation de progrès technologiques[48]. Cette diversité tient à la variabilité du cadre technologique –possibilités d'innovation et appropriabilité en matière technologique – et des conditions du marché, ainsi qu'à la taille moyenne des entreprises et au degré de concentration des activités industrielles dans les divers secteurs en cause (Dosi, Pavitt et Soete, 1990; Dosi, 1988). Elle détermine sans doute d'importantes différences sur le plan des tendances de l'emploi dans l'industrie. Toutefois, comme la technologie informatique fait l'objet d'une large diffusion, nous devrions nous attendre à moins de variabilité que dans le cas d'autres technologies. Enfin, les dosages de professions varient

[48] On trouvera une analyse complète de l'ampleur de cette diversité industrielle dans Pavitt (1984), Dosi, Pavitt et Soete (1990), Dosi (1988) et Napolitano, 1991.

selon les secteurs, d'où probablement de nettes différences entre secteurs de l'industrie en ce qui concerne les tendances des rapports entre l'ordinateur et les professions.

Comme nous l'avons exposé, le haut degré d'agrégation industrielle de la variable de l'investissement en informatique nous a obligés à nous contenter d'une taxinomie industrielle très grossière. Bien que simple, cette typologie s'est révélée utile, faisant voir d'importantes différences sur le plan des liens avec le degré d'utilisation d'ordinateurs.

Ainsi, on constate le fait important que l'industrie tertiaire est celle où les travailleurs du savoir et du traitement de données sont des plus concentrés, alors que les travailleurs de la gestion sont à peu près d'une même concentration dans toutes les industries[49]. Si on décompose l'industrie secondaire en trois secteurs manufacturiers respectivement à forte, moyenne et faible utilisation de technologie, on relève certaines différences de concentration des travailleurs. C'est dans le secteur à forte utilisation de technologie que les travailleurs de la gestion sont le plus concentrés. Est-ce dire qu'il s'agit là d'un des secteurs où le lien de complémentarité compétences-ordinateur est le plus étroit?

Dans cette section, nous examinons l'évolution du degré de complémentarité entre l'investissement en informatique et les diverses professions à l'échelle interindustrielle. Comme nous l'avons expliqué, la nature et les caractéristiques des tâches d'un travailleur sont d'importants aspects à prendre en compte si on veut établir comment l'informatisation pourrait avoir modifié la structure de l'emploi. En d'autres termes, moins les tâches sont tacites et, par conséquent, plus elles sont codifiables, plus les travailleurs qui les accomplissent peuvent être remplacés par des ordinateurs. Plus elles sont tacites, moins le recours aux ordinateurs peut les suppléer. Il se peut cependant qu'une partie seulement des tâches d'un travailleur soit codifiable et donc suppléable. Dans ce cas, avec le soutien que peut assurer l'informatique, le travailleur pourrait s'attacher plus aux activités complémentaires qu'aux activités de base. Ainsi, nous supposons que la rapidité du progrès scientifique et technique, qui a directement influé sur les activités de base en sciences et en génie, a été partiellement liée à la large adoption de la technologie informatique, ce qui a permis une vive multiplication de procédés de production, de problèmes de recherche et d'éléments de complexité nouveaux.

---

[49] Nous engageons là encore le lecteur à une certaine prudence dans son interprétation des données relatives à l'industrie tertiaire, car cette dernière comprend une foule de secteurs hétérogènes.

Qui plus est, le fait que des tâches soient des activités de base ou des activités complémentaires dans un emploi jouera un grand rôle dans le processus de création et de suppression d'emplois. À la lumière de l'analyse qui précède, nous procéderons à un examen détaillé des professions.

9.2.1 Travailleurs du savoir

Comme le nombre de travailleurs du savoir a beaucoup augmenté de 1971 à 1991, nous avons été amenés à supposer qu'un choc technologique s'était produit. De plus, vu l'omniprésence des ordinateurs dans les sphères de la vie personnelle et professionnelle et eu égard à la simultanéité des événements, nous avons aussi supposé que l'ordinateur aurait pu en soi constituer un important facteur déterminant de cette progression de la main-d'œuvre du savoir. Toutefois, la catégorie du savoir est formée d'une main-d'œuvre hétérogène dont les rapports avec les ordinateurs sont variables. Ainsi, si l'ordinateur est l'outil principal de l'informaticien, il n'est qu'un accessoire pour le scientifique. Il importe donc de nuancer le tableau des rapports travailleurs-ordinateurs des divers groupes professionnels. Nous examinerons d'abord l'état des liens entre la catégorie du savoir tout entière et les ordinateurs.

D'après nos résultats présentés aux tableaux 2a, b, c et d, il y en général eu un rapport significatif de complémentarité depuis 1980 entre les travailleurs du savoir et les ordinateurs dans tous les secteurs de l'industrie. L'importance de cette complémentarité varie légèrement selon les secteurs, mais s'accroît avec le temps. Dès 1971, on notait un rapport de complémentarité dans les industries primaire et tertiaire et le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie.

Le lien a été le plus étroit dans l'industrie primaire en 1971 et 1981 et dans l'industrie tertiaire en 1986 et 1991. Pour ces dernières années, on voit aussi une complémentarité des travailleurs du savoir et des ordinateurs dans le secteur manufacturier à faible utilisation de technologie. Somme toute, nos résultats signifient que là où il y a un travailleur du savoir, il devrait aussi y avoir un ordinateur. Il reste que, en soi, l'ordinateur ne saurait suppléer le travailleur du savoir en soi dans ses tâches, puisqu'il est avant tout un instrument destiné à aider celui-ci dans l'exercice de ses fonctions. Nous savons en outre que les tâches sont très diverses dans la catégorie du savoir et que cette diversité pourrait ressortir d'une désagrégation professionnelle plus fine.

Sciences pures et appliquées

Nos résultats sont moins évidents pour cette sous-catégorie du savoir que pour les autres groupes professionnels. En un sens, la chose se comprend fort bien car, à la différence des autres travailleurs, les scientifiques ne sont pas répandus également dans l'ensemble des secteurs de l'industrie. Nous avons constaté pendant les deux décennies étudiées l'existence d'un lien de complémentarité des plus stables entre les tâches des scientifiques et l'utilisation de l'ordinateur dans l'industrie primaire. Ce qui étonne nettement cependant, c'est que les ordinateurs restent en rapport de substitution avec la main-d'œuvre scientifique dans le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie.

Génie

Nous avons tendance à voir dans l'ordinateur l'instrument le plus puissant à la disposition de l'ingénieur, surtout à cause des logiciels de systèmes experts. Si les industries primaire, secondaire et tertiaire utilisent presque autant d'ingénieurs et le font de plus en plus avec les années, c'est dans le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie que ce recours au génie est le plus intense, surtout en 1986 et 1991. C'est aussi le secteur où le rapport de complémentarité avec les ordinateurs est le plus étroit, mais sans accuser de différences significatives dans le temps, ce qui nous porte à penser que les effectifs en génie évoluent de pair avec la diffusion de l'informatique.

Dans l'industrie primaire et le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie, il y a aussi complémentarité en 1986 et 1991. Si on prend le cas collectif des travailleurs des biens et des ingénieurs par rapport à la diffusion des ordinateurs, il semblerait que les logiciels de systèmes experts ont probablement catalysé la substitution d'ingénieurs à la main-d'œuvre de la fabrication de biens.

Informatique

L'ordinateur devrait avoir ses liens les plus naturels avec l'informaticien. En fait, l'ordinateur est la raison d'être de l'informatique même. Les liens de complémentarité sont manifestes, mais il nous faut nuancer nos observations. Il y a certes complémentarité, mais elle est moins importante que nous ne l'avions d'abord pensé. Comment expliquer ces observations? Nous avons relevé des faits intéressants. Ainsi, l'ordinateur est plus complémentaire pour les informaticiens dans les secteurs où il aide à l'exécution de tâches complexes comme dans le secteur manufacturier à forte utilisation de technologie (pour l'ensemble de la période) et l'industrie tertiaire (en 1986 et

1991). La profession d'informaticien pourrait donc être plus étroitement liée au matériel informatisé qu'aux micro-ordinateurs. Qui plus est, si on songe à la disponibilité croissante de logiciels conviviaux et à l'éclosion d'un génie logiciel assisté par ordinateur qui offre des méthodes de simplification, de documentation et d'entretien des logiciels, ainsi qu'à la mise au point de langages de programmation à orientation objet (POO; voir Steinmueller, 1995), on a sûrement un besoin moindre d'informaticiens que de techniciens en électronique[50]. On note une vaste complémentarité à l'échelle intersectorielle dans la seconde décennie, mais ce rapport de complémentarité est moins important dans la première, comme on devait s'y attendre.

Sciences sociales et humaines

C'est la principale sous-catégorie du savoir, et on y trouve une diversité de compétences (Lavoie et Roy, 1998). Ainsi, les comptables forment de 40 % à 50 % de l'effectif de la sous-catégorie, les artistes, un peu moins du tiers et les juristes, 10 %, ce qui laisse de 10 % à 20 % pour les autres professions constitutives de 1971 à 1991.

Nous avons constaté une complémentarité avec l'utilisation d'ordinateurs pour la première décennie dans les industries primaire et tertiaire, mais aucune différence appréciable ni en 1986 ni en 1991. Cela est un peu étonnant, car les travailleurs SSH se servent principalement de micro-ordinateurs et de postes de travail, qui sont devenus largement disponibles vers la fin de la décennie 1970.

La complémentarité compétences SSH-ordinateurs est la plus forte dans l'industrie tertiaire, ce qui va de soi compte tenu de la concentration des travailleurs de la sous-catégorie dans ce secteur. En fait, la forte concentration des travailleurs SSH dans la catégorie du savoir pourrait aussi expliquer le haut degré de complémentarité observé au niveau global en 1986 et 1991.

9.2.2 Travailleurs de la gestion

S'il y a une catégorie de travailleurs ayant des liens étroits avec l'ordinateur – sans qu'il s'agisse d'un rapport de simultanéité –, c'est celle de la gestion. Une des activités de base des travailleurs de la gestion est la planification, notamment de l'adoption de moyens informatiques. En d'autres termes, les résultats irréguliers obtenus pour la sous-catégorie de la gestion pourraient tenir à un

[50] Il est intéressant de voir la progression rapide de la CTP 4143 (opérateurs d'appareils de traitement électronique de données) – qui fait partie de la catégorie du traitement de données – parmi les secteurs de l'industrie, ce qui tend à étayer notre affirmation.

certain effet de décalage entre l'adoption de moyens informatiques et l'activité de planification qui s'y rapporte. Ce que nous constatons, c'est un rapport qui se fait plus étroit dans une certaine mesure dans l'industrie tertiaire jusqu'en 1991, ainsi qu'un lien de complémentarité faible mais significatif au niveau de 10 % pour le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie en 1971 et 1981, lien qui ensuite disparaît dans la seconde décennie.

9.2.3 Travailleurs du traitement de données

Il semblerait que c'est chez les travailleurs du traitement de données du secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie que la technologie informatique et les compétences sont le plus complémentaires, mais le degré de complémentarité est stationnaire en 1989 et 1991. L'autre secteur où la complémentarité est importante est l'industrie tertiaire, mais le rapport est significatif au niveau de 10 % seulement en 1986 et 1991. Pour toutes les années, on constate aussi une complémentarité ordinateurs-compétences dans le secteur manufacturier à faible utilisation de technologie. Dans l'ensemble, les professions du traitement de données où les activités de base consistent en une exploitation des données peuvent difficilement se passer d'ordinateurs. Le nombre des travailleurs de données a augmenté, mais moins que celui des travailleurs du savoir, ce qui nous laisse supposer qu'il n'y a pas eu de phénomène important de substitution dans le cas de ce groupe professionnel, ce que confirment les recherches de Hunt et Hunt, comme Cyert et Mowery en présentent les résultats. Ces auteurs soutiennent que les lacunes constatées ont fait surestimer dans les études l'effet de déplacement professionnel de l'évolution technologique sur le personnel de bureau (Cyert et Mowery, 1987, 89).

9.2.4 Travailleurs de la prestation de services

Cette catégorie de travailleurs n'est ni suppléée ni complétée par les ordinateurs (chiffres non présentés dans les tableaux). On ne s'en étonnera pas, car ses tâches non seulement sont peu codifiables, mais exigent rarement un recours à l'ordinateur, sauf peut-être comme moyen de soutien dans l'exécution de tâches complémentaires. Ainsi, il serait plutôt inusité de voir un coiffeur faire son travail en s'aidant d'un ordinateur, ainsi que nous l'avons évoqué.

9.2.5 Travailleurs de la fabrication de biens

L'association de l'ordinateur et des travailleurs des biens va dans un seul sens, celui de la substitution, comme en témoigne le coefficient négatif de $ß_{tech}$ pour la plupart des industries. Le rapport de substitution le plus important et le plus en progression pour la catégorie de la

fabrication de biens appartient au secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie, suivi à cet égard de l'industrie primaire. Il convient de noter que, dès la première décennie, la substitution a joué dans ces deux secteurs et ne devait apparaître que dans la seconde décennie dans le secteur manufacturier à faible utilisation de technologie ainsi que dans l'industrie tertiaire.

Cela veut essentiellement dire que le travail de la catégorie a été de plus en plus voué à l'obsolescence et que le taux d'obsolescence correspond au taux d'investissement en informatique. En d'autres termes, plus on a investi en ordinateurs, plus la part de l'emploi que détiennent les travailleurs des biens a eu tendance à décroître[51]. Le caractère routinier des activités de base de ces travailleurs explique sûrement en grande partie ce rapport de substitution. Il est plus probable que ce soient la CFAO et la CIAO comme partie de l'investissement en informatique qui aient eu le plus d'effet.

9.3 Analyse sommaire : tendances sectorielles

Règle générale, nous constatons que la diffusion des ordinateurs favorise les travailleurs des catégories professionnelles et techniques (savoir, gestion et traitement de données) par opposition aux travailleurs manuels (fabrication de biens). Il reste qu'une diversité de tendances sont apparues dans l'industrie et que ces différences méritent une analyse un peu plus poussée.

Certains secteurs ont été plus sensibles à l'informatisation : industrie tertiaire et, presque autant, industrie primaire et secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie. Comme ce dernier secteur s'est caractérisé par une montée des niveaux technologiques dans le temps, il est facile d'observer une réaction plus vive dans le rapport de complémentarité entre l'informatique et les groupes professionnels de ce secteur. Les industries du secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie pourraient en réalité être de nouveaux domaines d'activité (dans notre classement, l'industrie de l'aéronautique (aéronefs et pièces) se retrouve dans ce secteur) où il y aurait eu de nouvelles possibilités d'emploi, surtout pour les travailleurs du savoir (Freeman et Soete, 1997, 408).

---

[51] Là aussi, on doit user d'une certaine prudence dans l'interprétation, car il est possible que, avec la variable de l'utilisation d'ordinateurs, nous appréhendions plus que l'effet de l'informatisation. En d'autres termes, ce pourrait être l'incidence de l'avènement des technologies de pointe en fabrication sur un plan plus général. Dans une étude liée au présent document, nous traiterons directement du matériel informatisé, ce qui devrait nous permettre de mieux comprendre l'incidence des ordinateurs sur les travailleurs des biens.

Le déplacement de l'industrie secondaire vers l'industrie tertiaire coïncide avec la progression de la main-d'œuvre du savoir. Toutefois, comme l'expliquent Freeman et Soete (1997), le caractère «non incorporé» des connaissances dans l'industrie tertiaire fait que la codification ne sera jamais complète, aussi est-il improbable qu'un rapport de substitution s'établisse entre les travailleurs du savoir et les ordinateurs dans ce secteur.

> Le processus de codification ne réduira même que rarement l'importance relative du savoir tacite sous forme de capacités, de compétences et d'autres acquis du même ordre. Au contraire, ce sont ces compétences et ces autres formes qui confèreront le gros de leur valeur à l'activité tertiaire, c'est-à-dire lui donneront son «contenu». Ce contenu pourrait être en partie purement tacite (talent ou créativité), mais il sera en majeure partie hautement dépendant d'une constante acquisition de nouvelles connaissances – ce que l'on appelle l'apprentissage –, démarche qui aura généralement pour base le mouvement en spirale par lequel le savoir tacite se transforme en savoir codifié, que suivra un mouvement en retour où se crée un nouveau savoir tacite en interaction étroite avec les nouveaux éléments de savoir codifié (Freeman et Soete, 1997, 405).

10. Une technologie informatique qui supplée ou complète la main-d'œuvre : quelques conclusions

On a de plus en plus de données empiriques au sujet d'une progression qui, au Canada et ailleurs, va de la main-d'œuvre non qualifiée à la main-d'œuvre qualifiée (Berman, Bound et Griliches, 1993; Lavoie et Roy, 1998; Osberg, Wolff et Baumol, 1989). De nombreux facteurs jouent probablement dans ce mouvement, mais on a vu dans la technologie son grand moteur. Dans la présente étude, nous avons analysé les effets de l'informatisation sur l'emploi à l'échelle interindustrielle. En présentant nos résultats, nous avons voulu aller au-delà d'une simple description et expliquer la diversité des effets des ordinateurs sur les catégories professionnelles et industrielles. Nous avons dressé un cadre analytique qui s'est révélé fort utile à qui veut comprendre la diversité professionnelle dans ses rapports avec l'informatisation. Nous avons supposé que l'association travailleurs-ordinateurs était définie par la nature du savoir (tacite ou codifié) exigé par une profession et le caractère foncier des activités (activités de base ou complémentaires) qui s'exercent dans cette profession.

Voici nos principales conclusions :

(i) En général, les liens entre la main-d'œuvre et le capital matériel ne sont pas très différents des rapports entre les travailleurs et les ordinateurs dans la première décennie, mais l'effet de l'ordinateur l'emporte sur l'effet du capital en 1986 et 1991, ce qui s'explique directement par la large diffusion des ordinateurs depuis le milieu des années 1980.

(ii) On relève des différences de taille entre secteurs de l'industrie pour ce qui est du degré d'utilisation d'ordinateurs et de la structure des compétences, d'où une incidence de l'informatisation à l'échelle intersectorielle qui varie selon les catégories professionnelles. C'est dans l'industrie tertiaire que cet effet est le plus marqué et le plus omniprésent dans les professions, le secteur tertiaire étant suivi à cet égard du secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie.

(iii) Dans notre étude, nous avons établi l'existence d'un rapport de complémentarité entre les ordinateurs et les catégories professionnelles du traitement de données et du savoir. Dans la catégorie du savoir, l'utilisation de l'ordinateur est avant tout une activité complémentaire (qui appuie les activités de base), sauf peut-être dans le cas des informaticiens. Pour les travailleurs du traitement de données, cette utilisation est plus souvent une activité de base. Ces travailleurs sont obligés de redéfinir le contenu de leurs tâches en fonction d'activités complémentaires qui demeurent largement tacites. C'est ainsi qu'ils passent d'activités de base codifiables à des activités complémentaires tacites.

(iv) Vu le caractère fortement tacite des tâches des travailleurs de la prestation de services, nous ne constatons aucun lien entre les ordinateurs et ces travailleurs, aussi l'ordinateur est-il pour ainsi dire absent du domaine des services en raison de la nature des activités de base et complémentaires qui s'y exercent.

(v) Les travailleurs de la fabrication de biens sont en étroit rapport de substitution avec les ordinateurs, notamment dans le secteur manufacturier à utilisation moyenne de technologie et dans l'industrie primaire. Cet effet est fort probablement lié aux logiciels de systèmes experts dont tiennent compte les données sur l'investissement en informatique.

(vi) Cependant, l'informatisation ne semble pas devoir être dans l'ensemble un processus d'économie de main-d'œuvre, mais plutôt d'utilisation de travailleurs, ce qui explique en partie l'évolution de la composition du travail depuis deux décennies. Cette constatation vient confirmer celles d'autres études.

Ces résultats soulèvent d'autres questions au sujet du rôle de l'informatisation dans le mouvement général de tertiarisation de l'économie (déplacement de l'industrie secondaire vers l'industrie tertiaire). Ainsi, dans quelle mesure le rôle de l'informatisation dans la contraction de la demande relative de travailleurs des biens est-il indépendant d'une augmentation de la demande relative de travailleurs du savoir? Comme le dit Wood, il serait absurde de laisser penser que le commerce avec le Sud a accéléré l'invention ou la diffusion de microprocesseurs, mais on jugerait plutôt que la concurrence du Sud a influé sur la façon dont les microprocesseurs ont été introduits dans les procédés de production (Wood, 1994, 279). On aurait ensuite intérêt à voir si le degré de compétitivité internationale parmi les industries explique en partie la progression des compétences, car le caractère unique de la révolution de l'informatique ne doit pas être exagéré, comme l'ont souligné Berman, Bound et Griliches (1993).

On peut également s'interroger sur le sens du rapport de causalité entre la formation d'une main-d'œuvre hautement qualifiée et l'adoption de technologies. L'interprétation la plus vraisemblable est que l'on adoptera de nouvelles technologies seulement une fois que des travailleurs hautement qualifiés seront en place. Dans ce cas, la main-d'œuvre hautement qualifiée encourage à adopter les nouveautés technologiques et vice-versa (l'évolution technologique exige les compétences de ces travailleurs). Ainsi se crée un cercle «vertueux» où il y a plus de changement technologique et où on embauche plus de travailleurs hautement qualifiés pour s'occuper du matériel plus perfectionné qui en est issu. Ce n'est là, bien sûr, qu'une interprétation possible et, à notre avis, le sens du rapport de causalité dépend des secteurs de l'industrie et de la nature des technologies adoptées.

Nous avons beau constater une complémentarité entre les ordinateurs et les travailleurs du savoir et du traitement de données, mais est-ce assez pour infléchir la demande de compétences? Nous croyons que la variable de l'investissement en informatique appréhende la tendance générale en matière technologique et qu'il faudrait d'autres variables de la technologie pour rendre compte de tous les effets de cette dernière et même affiner l'effet de l'informatisation. C'est ce que nous avons l'intention de faire dans les études qui suivront avec des variables des technologies de pointe en fabrication et autres sur le plan technologique.

Enfin, bien qu'utile comme exercice, l'examen de l'incidence de l'informatisation sur la structure de l'emploi est un peu comme observer la pointe de l'iceberg. L'électronique en général et la micro-électronique en particulier nous ont lancés sur des trajectoires technologiques nouvelles et puissantes – celles des réseaux neuronaux et des moyens technologiques de la logique floue entre autres –, qui, un jour, auront une bien plus grande incidence que l'informatisation. Au regard de ce dont nous avons été témoins jusqu'ici, l'effet sur la structure de l'emploi pourrait être extrême, car la complexité créée par les ordinateurs sera réduite par les progrès de l'intelligence artificielle, etc. En d'autres termes, l'ordinateur a fort bien réussi à remplacer le savoir codifiable, mais a été tout à fait impuissant à suppléer le savoir tacite. Les nouvelles générations de moyens technologiques qui naîtront de la fusion de l'électronique, de la biologie et d'autres domaines technologiques viseront sans doute directement à remplacer le savoir tacite qui, jusqu'à présent, a été foncièrement l'apanage des humains. Ainsi, les effets de l'informatisation sur l'emploi que décrit cette étude ne font que présager ceux de l'avenir.

Annexe

Statistiques descriptives par industrie, 1971 et 1991

INDUSTRIE	ANNÉE	Savoir (%)	Gest. (%)	Données (%)	Serv. (%)	Biens (%)	C/I (x100)	C (M$)	I (M$)	K/VA	Wk/W₂	Wm/W₂	Wd/W₂	Wg/W₂	EMPLOI (%)
INDUSTRIE PRIMAIRE															
Agriculture et pêches	1971	0,20	3,86	1,39	0,54	94,01	0,10	0,76	758,17	1,55	2,46	1,22	1,39	0,82	6,59
	1991	0,95	14,08	6,81	1,52	76,63	0,65	11,78	1824,40	1,02	1,82	1,49	1,38	1,15	4,11
Exploitation forestière	1971	2,48	0,70	6,59	3,14	87,09	1,19	0,62	51,87	0,66	1,63	4,21	1,08	1,14	0,83
	1991	7,71	3,43	11,41	3,17	74,28	2,50	1,79	71,73	0,24	1,54	2,11	1,14	0,83	0,61
Extr. min. et pétr.	1971	8,37	1,85	15,53	2,34	71,91	2,92	12,54	429,13	1,09	2,23	4,81	1,38	1,41	1,73
	1991	12,72	7,53	18,27	1,76	59,72	1,82	16,16	876,50	1,63	1,68	2,34	1,11	1,33	1,34
TOTAL	**1971**	**1,95**	**3,19**	**4,54**	**1,12**	**89,20**	**1,12**	**13,92**	**1239,17**	**1,21**	**2,17**	**1,36**	**1,33**	**1,13**	**9,15**
	1991	**4,24**	**11,56**	**9,81**	**1,74**	**72,65**	**1,08**	**29,73**	**2772,63**	**1,32**	**1,99**	**1,36**	**1,22**	**1,00**	**6,06**
INDUSTRIE SECONDAIRE															
FAIBLE UTIL. DE TECHN.															
Aliments et boissons	1971	2,03	1,57	24,69	3,15	68,56	4,30	9,96	231,40	0,39	1,63	3,22	1,18	1,06	3,00
	1991	2,82	8,31	20,69	3,38	64,80	5,75	76,21	1325,50	0,46	1,61	2,05	1,15	1,10	1,88
Tabac	1971	2,93	2,02	25,52	4,38	65,14	14,90	1,46	9,77	0,20	1,68	3,13	0,98	0,97	0,11
	1991	4,85	14,78	24,67	3,29	52,41	6,58	2,72	41,30	0,26	1,37	2,01	1,14	1,26	0,03
Cuir	1971	1,44	1,85	14,86	1,31	80,54	8,99	0,44	4,90	0,23	1,82	3,59	1,40	0,98	0,33
	1991	1,93	8,52	14,57	1,29	73,69	16,26	1,65	10,17	0,31	1,99	2,52	1,85	1,30	0,12
Textiles	1971	2,77	1,99	17,22	2,66	75,35	1,92	1,41	73,33	0,75	2,03	4,63	1,46	1,08	0,97
	1991	3,62	9,23	17,62	1,24	68,30	2,14	5,22	243,63	0,41	1,20	1,65	0,88	0,78	0,37
Vêtements	1971	1,87	1,87	15,05	5,47	75,74	6,79	1,76	25,93	0,11	1,93	4,74	1,51	0,93	1,25
	1991	3,03	7,25	15,35	2,98	71,39	11,08	9,30	84,00	0,12	2,16	2,74	2,10	1,35	0,82
Bois	1971	1,29	1,18	9,39	3,18	84,96	0,91	1,24	136,77	0,57	1,83	3,64	1,28	1,12	1,23
	1991	2,39	6,22	11,85	1,69	77,85	1,65	7,89	479,33	0,47	1,09	1,14	0,81	0,82	0,87
Meubles et art. d'ameubl.	1971	1,91	2,09	18,32	1,14	76,53	7,75	0,93	12,00	0,17	1,94	4,39	1,72	1,30	0,53
	1991	2,84	9,49	15,62	0,84	71,20	5,71	3,22	56,37	0,20	1,02	1,46	0,89	0,83	0,38
Prem. transf. des mét.	1971	4,58	1,25	15,48	2,73	75,97	1,24	4,52	364,47	1,10	1,62	3,16	1,12	1,13	1,49
	1991	6,82	6,38	15,47	2,24	69,09	2,01	38,08	1891,37	1,62	1,26	1,47	0,96	0,95	0,81
Mines non métall.	1971	3,67	2,15	18,88	1,89	73,40	2,19	2,25	102,77	0,63	1,65	3,39	1,29	1,19	0,70
	1991	4,46	9,63	17,68	1,07	67,16	1,92	6,89	360,03	0,62	1,59	1,58	1,01	1,02	0,41
TOTAL	**1971**	**2,49**	**1,64**	**18,19**	**3,09**	**74,59**	**2,49**	**23,97**	**961,34**	**0,56**	**1,84**	**3,70**	**1,29**	**1,14**	**9,61**
	1991	**3,52**	**7,84**	**16,96**	**2,38**	**69,30**	**3,32**	**151,18**	**4491,70**	**0,66**	**1,23**	**1,59**	**1,01**	**0,96**	**5,69**

suite...

Annexe (suite)

INDUSTRIE	ANNÉE	Sav. (%)	Gest. (%)	Données (%)	Serv. (%)	Biens (%)	C/I (x100)	C (M$)	I (M$)	K/VA	Wk/Ws	Wm/Ws	Wd/Ws	Wg/Ws	EMPLOI (%)
UTIL. MOY. DE TECHN.															
Caoutchouc et plast.	1971	4,08	2,36	22,34	1,91	69,31	1,50	1,22	81,20	0,78	1,43	2,80	1,13	0,99	0,56
	1991	4,96	10,54	19,04	1,10	64,36	3,83	21,50	562,03	0,67	1,59	2,00	1,23	1,10	0,55
Papier et prod. conn.	1971	3,90	1,58	16,77	2,61	75,13	0,50	2,16	433,63	1,02	1,64	3,41	1,18	1,17	1,54
	1991	5,46	6,68	17,02	2,12	68,72	1,49	45,25	3044,33	2,18	1,13	1,42	0,88	0,94	0,89
Prod. métall. semi-finis	1971	3,24	2,59	21,26	1,35	71,57	3,04	3,36	110,30	0,28	1,77	3,49	1,36	1,30	1,69
	1991	4,17	10,34	19,09	0,94	65,45	2,78	8,54	307,13	0,25	1,52	1,82	1,20	1,09	1,08
Machines	1971	5,61	2,69	28,76	1,41	61,53	9,63	3,99	41,40	0,19	1,81	3,41	1,39	1,27	0,79
	1991	8,14	12,51	26,55	0,96	51,84	6,92	15,80	228,20	0,25	1,33	1,52	0,99	0,98	0,54
Matériel de transp.	1971	4,65	1,20	17,25	2,60	74,29	5,34	8,78	164,43	0,43	1,56	2,65	1,11	1,07	2,07
	1991	7,20	6,65	16,13	1,91	68,12	2,90	57,12	1972,53	0,55	1,06	1,27	0,87	0,83	1,75
Autres ind. man.	1971	6,40	2,73	31,18	4,56	55,13	8,28	3,58	43,20	0,25	1,33	2,65	1,09	0,89	0,77
	1991	8,58	13,07	31,99	1,16	45,20	10,27	21,85	212,80	0,35	1,68	1,78	1,22	1,10	0,63
TOTAL	**1971**	**4,41**	**2,00**	**21,12**	**2,34**	**70,13**	**2,60**	**23,09**	**874,16**	**0,54**	**1,60**	**2,98**	**1,18**	**1,12**	**7,42**
	1991	**6,34**	**9,10**	**20,02**	**1,49**	**63,05**	**2,71**	**170,06**	**6327,02**	**0,81**	**1,28**	**1,47**	**0,97**	**0,95**	**5,44**
FORTE UTIL. DE TECHN.															
Prod. électr. et électron.	1971	8,99	2,53	31,77	1,39	55,32	4,56	4,11	90,20	0,38	1,81	3,25	1,29	1,11	1,66
	1991	14,87	13,05	27,63	0,93	43,52	15,78	107,20	679,27	0,26	1,64	2,13	1,27	1,05	0,98
Prod. chimiques	1971	7,58	3,67	39,29	2,79	46,67	3,84	5,99	156,03	0,99	1,65	2,95	1,24	1,17	0,99
	1991	10,65	14,49	35,48	1,95	37,44	5,15	80,80	1568,57	0,91	1,15	1,39	0,90	0,92	0,77
Impression et éd.	1971	10,98	2,79	39,48	1,41	45,34	10,50	6,18	58,80	0,25	1,64	3,49	1,32	1,39	1,30
	1991	14,87	11,94	30,99	0,79	41,41	8,47	41,79	493,57	0,33	1,48	1,18	0,83	0,83	1,28
Raffinage du pétrole	1971	12,39	2,61	32,91	2,20	49,89	0,00	0,00	25,80	2,52	1,59	3,13	1,11	1,27	0,25
	1991	12,86	11,44	26,37	1,96	47,36	9,77	30,97	317,03	1,93	1,41	1,84	1,06	1,09	0,13
TOTAL	**1971**	**9,48**	**2,88**	**36,00**	**1,78**	**49,86**	**4,92**	**16,28**	**330,83**	**0,88**	**1,71**	**3,14**	**1,24**	**1,19**	**4,20**
	1991	**13,76**	**12,88**	**30,84**	**1,17**	**41,35**	**8,53**	**260,76**	**3058,44**	**0,63**	**1,39**	**1,61**	**0,97**	**0,99**	**3,16**

suite...

Annexe (suite)

INDUSTRIE	ANNÉE	Savoir (%)	Gest. (%)	Données (%)	Serv. (%)	Biens (%)	C/I (x100)	C (M$)	I (M$)	K/VA	Wk/Ws	Wm/Ws	Wd/Ws	Wg/Ws	EMPLOI (%)
INDUSTRIE TERTIAIRE															
Construction	1971	2,21	1,90	8,95	1,16	85,78	0,84	2,36	282,00	0,12	2,06	4,07	1,35	1,52	6,47
	1991	3,04	7,54	12,09	0,93	76,40	5,00	76,76	1535,17	0,20	1,99	2,53	1,25	1,46	5,98
Transp. et entrep.	1971	1,98	1,13	20,87	5,31	70,71	1,57	7,00	444,60	2,11	1,68	2,80	1,10	1,15	5,31
	1991	2,82	6,08	19,39	4,99	66,73	4,51	127,96	2838,37	1,59	1,49	1,70	1,05	1,16	4,11
Autres serv. publ.	1971	8,59	1,59	30,45	3,54	55,83	6,19	40,69	657,43	5,77	1,76	2,90	1,13	1,28	1,13
	1991	14,10	7,29	30,43	1,94	46,25	6,65	346,20	5208,10	6,03	1,34	1,58	1,07	1,09	1,15
Comm. de gros et de dét.	1971	1,72	1,75	64,67	2,88	28,98	3,85	14,47	375,30	0,24	1,90	4,59	1,41	1,39	15,96
	1991	2,32	12,05	58,80	2,37	24,47	10,42	318,08	3053,30	0,22	1,85	2,04	1,32	1,35	17,21
Fin., ass. et aff. imm.	1971	9,96	4,02	76,60	6,01	3,42	45,18	171,40	379,37	0,64	1,90	4,42	1,50	1,23	4,59
	1991	11,24	14,61	67,30	4,47	2,38	23,34	1201,41	5147,60	1,64	2,36	2,58	1,47	1,42	5,94
Communications	1971	9,96	4,84	63,81	1,88	19,52	2,24	14,80	659,33	2,61	1,87	1,54	1,21	1,52	2,09
	1991	13,64	10,52	51,34	0,95	23,55	9,26	384,65	4153,30	1,45	1,50	1,59	1,14	1,16	2,34
Serv. aux entr. et aux part.	1971	9,83	1,56	27,31	51,60	9,70	3,92	14,65	373,50	0,20	2,97	1,79	1,33	1,73	13,83
	1991	12,63	8,09	30,12	41,64	7,51	26,66	1356,40	5087,27	0,32	2,77	2,61	1,57	1,51	23,22
TOTAL	**1971**	**5,35**	**1,99**	**42,48**	**16,83**	**33,35**	**8,36**	**265,37**	**3171,53**	**0,56**	**2,30**	**3,25**	**1,29**	**1,61**	**49,38**
	1991	**7,97**	**9,76**	**40,34**	**17,76**	**24,17**	**14,10**	**3811,46**	**27023,11**	**0,67**	**1,48**	**1,71**	**1,17**	**1,26**	**59,95**
SERV. GOUVERNEMENTAUX															
Adm.publ., éduc. et santé	1971	7,40	4,96	49,79	27,95	9,90	15,19	72,62	478,10	1,65	2,49	3,76	1,37	1,37	20,21
	1991	10,00	9,11	49,08	24,04	7,78	27,09	1126,67	4159,50	1,51	1,68	1,69	1,02	1,09	19,70

Savoir	Professions du savoir
Gest.	Professions de la gestion
Données	Professions du traitement de données
Serv.	Professions de la prestation de services
Biens	Professions de la fabrication de biens
C	Investissement en informatique
I	Investissement en outillage
C/I	Investissement en informatique / investissement en outillage
K/VA	Stock de capital / valeur ajoutée
Wk/Ws	Rémunération des professions du savoir par rapport aux professions de la prestation de services
Wm/Ws	Rémunération des professions de la gestion par rapport aux professions de la prestation de services
Wd/Ws	Rémunération des professions du traitement de données par rapport aux professions de la prestation de services
Wg/Ws	Rémunération des professions de la fabrication de biens par rapport aux professions de la prestation de services
EMPLOI	Part de l'emploi de l'industrie

Bibliographie

Autor, D.H., Katz, L.F., et A.B. Krueger (1997) *Computing Inequality: Have Computers Changed the Labour Market?*, document de travail n° 377, Industrial Relations Section, Université de Princeton.

Baldwin, J.R., Gray, T., et J. Johnson (1997) *Avantages salariaux d'origine technologique dans les établissements canadiens de fabrication pendant les années 1980*, Statistique Canada, document de recherche n° 92.

Berman, E., Bound, J., et Z. Griliches (1993) *Changes in the Demand for Skilled Labor Within U.S. Manufacturing Industries: Evidence from the Annual Survey of Manufacturing*, National Bureau of Economic Research document de travail n 4255, janvier.

Cardwell, D. (1994) *The Fontana History of Technology*, Fontana Press: Londres.

Carter, A.P. (1996) Measuring the Performance of a Knowledge-Based Economy in OECD.

Chennells, L., et J.V. Reenen (1998) *Technical Change and the Structure of Employment and Wages: A Survey of the Micro-Econometric Evidence*, document polycopié présenté à une conférence sur l'économie du savoir à Vancouver, novembre.

Cole, R. et coll. (1986) «Quality-Adjusted Price Indexes for Computer Processors and Selected Peripheral Equipment», *Survey of Current Business*, vol. 66, n° 1, janvier, p. 41-50.

Colecchia, A., et G. Papaconstantinou (1996) *The Evolution of Skills in OECD Countries and the Role of Technology*, document de travail OCDE/STI, Paris.

Cyert, R.M., et D.C. Mowery (1987) (dir.) *Technology and Employment: Innovation and Growth in the U.S. Economy*, National Academy Press: Washington.

DiNardo, J., et J.S. Pischke (1996) «The Returns to Computer Use Revisited: Have Pencils Changed the Wage Structure Too?», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 112, n° 1, février, p. 291-303.

Dosi, G., Pavitt, K., et L. Soete (1990) *The Economics of Technical Change and International Trade*, Harvester (Wheatsheaf).

Dosi, G. (1988) «Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation», *Journal of Economic Literature*, vol. XXVI, septembre, p. 1120-1171.

Fransman, M. (1994) «Information, Knowledge, Vision and Theories of the Firm», *Industrial and Corporate Change*, vol. 3, n° 3, p. 713-757.

Freeman, C. (1992) *The Economics of Hope: Essays on Technical Change, Economic Growth and the Environment*, Pinter : Londres.

Freeman, C., et L. Soete (1997) *The Economics of Industrial Innovation.* The MIT Press: Cambridge, troisième édition.

Freeman, C., et L. Soete (1994) *Work for All or Mass Unemployment: Computerized Technical Change into the 21st Century.* Pinter : Londres.

Freeman, C., Clark, J., et L. Soete (1982) *Unemployment and Technical Innovation.* Pinter : Londres.

Goldin, C. , et L.F. Katz (1998) «The Origins of Technology-Skill Complementarity», *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, n° 3, août, p. 693-732.

Goldin, C., et L.F. Katz (1996) «Technology, Human Capital, and the Wage Structure», *American Economic Review*, vol. 86, n° 2, p. 252-257.

Jorgenson, D.W., et K. Stiroh (1995) «Computers and Growth», *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3, p. 295-316.

Howe, W.J. (1986) «The Business Services Industry Sets Pace in Employment Growth», *Monthly Labour Review*, avril, p. 29-36.

Klein, L.R. (1953) *A Textbook of Econometrics.* Row, Peterson and Company: New York.

Kodama, F. (1991) *Analyzing Japanese High Technologies: The Techno-Paradigm Shift.* Pinter : Londres.

Lavoie, M., et R. Finnie (1998) *Une analyse dynamique des flux de diplômés en sciences et technologie sur le marché du travail au Canada.* Statistique Canada, Projet de remaniement des sciences et de la technologie.

Lavoie, M., et R. Finnie (1996) *The Accumulation of Technology: A Cross-Cohort Longitudinal Analysis of Recent Engineering Graduates.* Direction générale de la recherche appliquée, Politique stratégique, Développement des ressources humaines Canada, document de travail n° W-96-10E.

Lavoie, M., et R. Roy (1998) *Emploi dans l'économie du savoir : un exercice de comptabilité de croissance pour le Canada.* Direction générale de la recherche appliquée, Politique stratégique, Développement des ressources humaines Canada, document de travail n° R-98-8F.

Levy, F., et R.J. Munrane (1996) «With What Skills Are Computers a Complement?», *American Economic Review*, vol. 86, no 2, p. 258-262.

Miller, N. (1992) «Déflation appliquée aux ordinateurs dans les comptes d'entrées-sorties du Canada», *La structure d'entrées-sorties de l'économie canadienne.* Statistique Canada, publication n° 15-201 au catalogue, p. 93-120.

Montigny, G. (1988) *Évaluation des données sur la profession au recensement de 1981*, rapport du personnel, Division de l'analyse des enquêtes du travail et des ménages, mars.

Napolitano, G. (1991) «Industrial Research and Sources of Innovation: A Cross-Industry Analysis of Italian Manufacturing Firms», *Research Policy*, vol. 20, p. 171-178.

National Science Foundation (1998) *Science and Engineering Indicators-1998*, National Science Board.

OCDE (1996) *Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*, Paris.

OCDE, Programme technologie/économie (1992) *La Technologie et l'économie : les relations déterminantes*, Paris.

O'Farrell, P. (1995) «Manufacturing Demand for Business Services», *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, n° 4, août, p. 523-543.

Osberg, L., Wolff, E.N., et W.J. Baumol (1989) *The Information Economy: The Implications of Unbalanced Growth*, Institute for Research on Public Policy.

Osberg, L. (1989) Introduction dans Osberg, L., Wolff, E.N., et W.J. Baumol (dir.) *The Information Economy: The Implications of Unbalanced Growth*, Institute for Research on Public Policy, p. 1-16.

Papaconstantinou, G., Sakurai, N., et A. Wyckoff (1996) *Embodied Technology Diffusion: An Empirical Analysis for 10 OECD Countries*, document de travail OCDE-STI, Paris.

Pasinetti, L.L. (1981) *Structural Change and Economic Growth: A Theoretical Essay on the Dynamics of the Wealth of Nations*, Cambridge University Press: Cambridge.

Pavitt, K. (1998) «The Inevitable Limits of EU R&D Funding», *Research Policy*, vol. 27, p. 559-568.

Pavitt, K. (1984) «Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory», *Research Policy*, vol. 13, n° 6, p. 343-373.

Soete, L. (1995) «Structural Change and Employment Growth: The Challenges Ahead», *STI Revue*, n° 15, p. 237-271.

Spenner, K.I. (1990) «Skill: Meanings, Methods, and Measures», *Work and Occupations*, vol. 17, n° 4, novembre, p. 399-421.

Statistique Canada (1995) *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne*, publication n° 15-201 au catalogue.

Statistique Canada (1993) *Investissements privés et publics au Canada*, publication n° 61-205 au catalogue.

Statistique Canada (1990) *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne en prix constants*, publication n° 15-202 au catalogue.

Statistique Canada (1987) *La structure par entrées-sorties de l'économie canadienne*, publication n° 15-510 au catalogue.

Statistique Canada (1983) *Flux et stocks de capital fixe*, publication n° 13-568 au catalogue.

Steinmueller, W.E. (1995) «The U.S. Software Industry: An Analysis and Interpretive History», dans Mowery, D.C. (dir.) *The International Computer Software Industry.* Oxford University Press.

Triplett, J.E. (1989) «Price and Technological Change in a Capital Good: A Survey of Research on Computers», dans Jorgenson, D.W., et R. Landau (dir.) *Technology and Capital Formation.* MIT Press: Cambridge, p. 127-213.

Watanabe, S. (1986) «Labour-Saving versus Work-Amplifying Effects of Micro-Electronics», *Revue internationale du travail*, vol. 125, n° 3, p. 243-259.

Wood, A. (1994) *North-South Trade, Employment and Inequality: Changing Fortunes in a Skill-Driven World.* Clarendon Press: Oxford.